

Pohjois-Suomen pakkausjätteiden hyödyntäminen

Elinkaaren aikaiset ympäristö- ja kustannusvaikutukset

Katja Moliis, Helena Dahlbo, Risto Retkin ja Tuuli Myllymaa



Pohjois-Suomen pakkausjätteiden hyödyntäminen

Elinkaaren aikaiset ympäristö- ja kustannusvaikutukset

Katja Moliis, Helena Dahlbo, Risto Retkin ja Tuuli Myllymaa

Helsinki 2012

YMPÄRISTÖMINISTERIÖ



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment

YMPÄRISTÖMINISTERIÖN RAPORTTEJA 26 | 2012
Ympäristöministeriö
Ympäristönsuojeluosasto

Taitto: Marianne Laune
Kansikuva: Vastavalo/Tarja Hoikkala

Julkaisu on saatavana vain internetistä:
www.ymparisto.fi/julkaisut

Helsinki 2012

ISBN 978-952-11-4118-8 (PDF)
ISSN 1796-170X (verkkokj.)

ESIPUHE

Suomen uusi jätelaki (646/2011) tuli voimaan 1.5.2012. Yksi jätelain merkittäviä muutoksia on pakkausjätteen jätehuollon tuottajavastuun muuttuminen osittaisesta täydeksi tuottajavastuuksi. Jätelain uudistuksen myötä pakkausjätteen jätehuolto on siirtymäajan jälkeen 1.5.2014 pakkausalan tuottajien eli pakkaajien ja pakattujen tuotteiden maahantuojien vastuulla.

Pakkausten jätehuolto herätti jo jätelain valmistelun aikana voimakkaita kannanottoja eri suuntiin. Yksi polttavimmista kysymyksistä on ollut, onko Suomessa ympäristö- ja kustannusvaikutusten kannalta järkevää järjestää keräystä koko maassa ja erityisesti harvaanasutuissa osissa maata. Toisaalta on myös vahvoja toiveita kansalaisten tasavertaiseen kohteluun ja palvelutason ylläpitämiseen koko maassa myös jätehuollon palveluissa. Pakkausmateriaaleista erityisesti muovi ja sen keräys sekä kierrätys on herättänyt ristiriitaisia kannanottoja, toisaalta kansalaiset halusivat kierrättää muovia. Toisaalta muovin keräystä ei juurikaan Suomessa ole vielä järjestetty, sillä useista eri muovityypeistä koostuvan kotitalousmuovin kierrätys on haasteellista.

Jätelain säännöksiä ollaan tarkentamassa asetuksilla. Pakkausalan asetuksiin on mahdollista kirjata vaatimuksia mm. vastaanottopaikkaverkoston tiheydestä. Asetusvalmistelun taustatiedoksi ympäristöministeriö tilasi Suomen ympäristökeskukselta selvityksen Pohjois-Suomen keräysverkoston kannattavuudesta. Tavoitteena oli saada tähän raporttiin koottua selkeä tutkimustuloksiin perustuva tieto Pohjois-Suomen keräysverkoston ympäristö- ja kustannusvaikutuksista, kun otetaan myös huomioon kierrätyksestä tai energiahyötykäytöstä saatavat hyödyt.

20.12.2012

Ympäristöministeriö

SISÄLLYS

Esipuhe	3
I Johdanto	7
1.1 Tavoitteet	7
1.2 Tarkasteltava alue	9
2 Elinkaaritarkastelu	10
2.1 Menetelmä	10
2.2 Järjestelmäkuvaus	11
2.3 Tarkastelun rajaukset ja oletukset	12
2.4 Käytetyt lähteet	14
2.5 Tulosten raportointi	15
3 Pakkausjätteen määrä	16
3.1 Nykyinen kertymä	16
3.1.1 Erilliskerätty määrä	16
3.1.2 Sekajätteessä oleva pakkausjätteen määrä	16
3.1.3 Pakkausten kulutuksen perusteella arvioitu määrä	19
3.2 Pakkausjätteen potentiaalinen saanto	19
3.3 Tarkastelussa oletettu saanto	20
4 Keräysverkoston tiheys	22
4.1 Nykyinen keräysverkosto	22
4.2 Uusi keräysverkosto	22
4.3 Tarkasteluun valittu verkostotiheys	25
5 Pakkausjätteen keräys ja kuljetukset	27
5.1 Keräyspisteet ja -välineet aluekeräyksessä	27
5.2 Keräysvaiheen kuljetusten mallintaminen	28
5.2.1 Keräysvaiheen ympäristövaikutuslaskennan periaatteet	30
5.2.2 Keräysvaiheen kustannuslaskennan periaatteet	31
5.3 Kaikkien jakeiden erilliskeräys	31
5.4 Muovien ja kuitujen kerääminen sekajätteen seassa	32
5.5 Muut kuljetukset	32

6	Pakkausjätteiden hyödyntäminen ja korvaavuusoletukset	34
6.1	Lasipakkausjätteen kierrättäminen vaahtolasiksi	34
6.2	Metallipakkausjätteen kierrättäminen uusiometalliksi	36
6.3	Kuitupakkausjätteen kierrättäminen hylsykartongiksi	37
6.4	Muovipakkausjätteen kierrättäminen uusiomuoviksi	37
6.5	Muovi- ja kuitupakkausjätteen polttaminen sekajätteen seassa	40
6.6	Muovin polttaminen säätöpolttoaineena	44
7	Keräysjärjestelmämallinnuksen tulokset	45
7.1	Vyöhykkeen vaikutus	45
7.2	Keräysvälineiden ja ajoneuvojen vaikutus	46
7.3	Keräysvälineiden täyttöasteen merkitys	48
7.4	Keräysverkoston tiheys ja pakkausjätteiden saanto	49
7.5	Vaihtoehtoisia keräystapoja	51
7.6	Vaikutukset sekajätteen keräykseen	53
8	Elinkaaritarkastelun tulokset	54
8.1	Tuloksissa tarkasteltavat vaihtoehdot	55
8.2	Päästö- ja kustannusvaikutukset jätefraktioittain	56
8.2.1	Ilmastomuutosvaikutus jätefraktioittain	56
8.2.2	Luonnonvarojen ehtymisvaikutus jätefraktioittain	59
8.2.3	Kustannusvaikutus jätefraktioittain	59
8.3	Päästö- ja kustannusvaikutukset kokonaistarkastelusta	61
8.3.1	Ilmastomuutosvaikutus vertailtavissa vaihtoehdoissa	61
8.3.2	Luonnonvarojen ehtymisvaikutus vertailtavissa vaihtoehdoissa	63
8.3.3	Kustannusvaikutus vertailtavissa vaihtoehdoissa	64
8.4	Keräysverkoston tiheyden ja pakkausjätteen saannon muutoksen merkitys	65
8.5	Kotitalouksien jätteenlajittelun ja -kuljetusten merkitys	65
8.6	Tulosten luotettavuuden arviointi	67
9	Päätelmät	70
	Lähteet	72
	Liitteet	74
	Liite 1. Pakkausjätteen määrät Ruotsissa keskimäärin ja Norrbottenissa	74
	Liite 2. Nykyiset keräyspisteet tarkasteltavalla alueella	74
	Liite 3. Keräyspisteiden kokonaismäärä ja asukkaiden määrä yhtä keräyspistettä kohden kussakin kunnassa eri tiheysmalleissa	75
	Liite 4. Siirtokuljetusten lähtötiedot	76
	Kuvailulehti	77
	Presentationsblad	78
	Documentation page	79

1 Johdanto

1.1

Tavoitteet

Osana Suomen jätelainsäädännön kokonaisuudistusta muutettiin pakkausjätteen tuottajavastuun sääntelyä. Jätelain (646/2012) mukaan pakkausjätteen tuottajan on järjestettävä kuluttajille maksutta ja vaivattomasti saavutettavissa olevia vastaanotto-paikkoja käytöstä poistetuille pakkauksille. Vastaanottoaikkojen määrästä voidaan säätää tarkemmin valtioneuvoston asetuksella, joka on parhaillaan valmisteilla. Jätelain 48§ mukaan vastaanottoaikkojen määrästä säädettäessä otetaan huomioon käytöstä poistettujen tuotteiden laji, laatu ja niiden ennakoitu määrä sekä vastaanotosta ja kuljetuksesta aiheutuvat ympäristövaikutukset ja kustannukset. Lain mukaan keräyspisteiden määrä voi olla erilainen eri alueilla ja eri tuoteryhmittäin.

Koska asutus jakautuu Suomessa maantieteellisesti vaihtelevasti, pakkausjätteiden aluekohtainen kertymä ja keräys- ja kuljetusetaisytydet vaihtelevat. Pakkausjätteen tuottajavastuun yhtenä tavoitteena on ollut taata pakkausjätteen haltijalle kohtuullinen mahdollisuus lajitella kertyneet pakkausjätteet alueellisiin keräyspisteisiin koko maassa. Harvaanasuttujen alueiden osalta on kuitenkin tarpeen pohtia sitä, millaisella tiheydellä pakkausjätettä kannattaa kerätä, kun otetaan huomioon pitkien etäisyyksien aiheuttamat ympäristö- ja kustannusvaikutukset. Samanaikaisesti pitää ottaa huomioon pakkausjätteen potentiaalinen kerättävissä oleva määrä kullakin alueella ja keräysverkon tiheyden vaikutus potentiaaliseen kertymään. Yhdyskuntajätteelle asetettu kierrätystavoite (50 % vuonna 2016) edellyttää merkittävää kasvua kierrätykseen päätyvissä materiaalivirroissa.

Yksinään keräyslogistiikan vaikutusten perusteella ei voida tehdä päätöksiä pakkausjätteen keräysverkon tiheydestä, vaan keräyksen ja kuljetuksen vaikutukset tulee rinnastaa pakkausjätteen kierrätyksestä ja hyödyntämisestä syntyviin kokonaisvaikutuksiin. Kun pakkausjätteet lajitellaan ja kerätään talteen, saadaan niistä uusi oraaka-ainetta esimerkiksi uusiolasin, lasivillan, vaahtolasin, hylsykartongin, uusiomuovin ja uusiometallin valmistukseen. Palavia pakkausjätteitä voidaan myös polttaa energiaksi. Hyödyntämisellä vältetään puolestaan neitseellisten raaka-aineiden ja fossiilisten polttoaineiden käyttöä ja hankintaa. Jätteen koko elinkaaren huomioon ottava elinkaariajattelu (life-cycle thinking, LCT) on keskeisessä asemassa EU:n jätelainsäädännössä. Esimerkiksi jätteiden käsittelyä ohjaavasta etusijärjestyksestä voidaan poiketa, jos elinkaari-perusteisesti tarkastellut ympäristövaikutukset niin osoittavat. Myös pakkausjätteiden erilliskeräyksen järjestämisestä voidaan tarkastella elinkaari-perusteisesti. Ympäristövaikutusten rinnalla voidaan ottaa huomioon sosiaalisia ja kustannusvaikutuksia. (European Commission 2012.)

Tässä selvityksessä tarkastellaan pakkausjätteiden keräyksen ja hyödyntämistapojen ympäristövaikutuksia ja kustannuksia harvaanasutulla alueella elinkaarinäkökulmasta. Selvitys on tehty Suomen ympäristökeskuksessa (SYKE) pakkausten tuottajavastuun järjestämistä koskevan asetuslaadinnan taustaksi ympäristöministeriön tilauksesta. Tarkasteltava harvaanasuttu alue on Pohjois-Suomessa ja se koostuu Lapin maakunnasta ja kahdesta kunnasta Pohjois-Pohjanmaalla. Selvityksessä on käytetty lähteinä olemassa olevaa kotimaista tietoa, kirjallisuuslähteitä, tietokantatietoa ja hyödynnetty kokemuksia Lapin rajanaapurista, Pohjois-Ruotsin Norrbottenin läänistä, joka vastaa ominaispiirteiltään tarkasteltavaa aluetta. Ruotsissa tuottajavastuuseen perustuva pakkausjätteen keräysverkosto on ollut toiminnassa vuodesta 1994 (SFS 1994:1235).

Selvityksessä tuotetaan tietoa seuraaviin kysymyksiin:

1. Millaisia ympäristövaikutuksia syntyy, kun pakkausjätettä kerätään pohjoisella alueella alueellisissa vastaanottopisteissä?
2. Kuinka merkittävä on harvaanasutun alueen keräys- ja kuljetuslogistiikan vaikutus, kun se rinnastetaan kerätyn pakkausjätteen elinkaariin kokonaisvaikutuksiin?
3. Millaisia kustannuksia keräyksestä syntyy ja miten ne suhteutuvat pakkausjätteen hyödyntämisen nettokustannuksiin?

Ympäristövaikutuksista selvityksessä tarkastellaan kasvihuonekaasujen aiheuttamaa ilmastonmuutosvaikutusta ja fossiilisten ja mineraalisten luonnonvarojen ehtymisvaikutusta. Lisäksi luonnonvarojen käyttöä tarkastellaan puun, soran ja saven käytön kannalta, vaikka omaa vaikutusluokkaa näille ei olekaan. Vaikutusten laskenta perustuu elinkaarianalyysiin (life-cycle analysis, LCA). Elinkaaren aikaisina vaikutuksina ympäristövaikutusten rinnalla tarkastellaan euromääräisiä kustannuksia, joita pakkausjätteiden hyödyntämisketjusta syntyy. Kustannusnäkökulma tarkastelussa on yhteiskunnallinen, eli kuten ympäristövaikutuksissa, tarkastellaan vain yhteiskunnalle elinkaaren aikana kokonaisuudessaan syntyviä nettovaikutuksia.

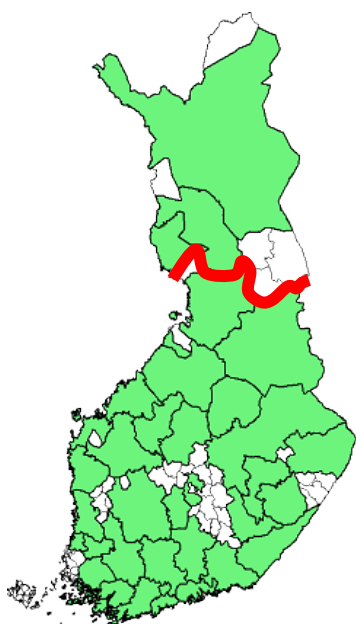
Pakkausjätteellä tarkoitetaan tässä selvityksessä pakkausjätteen neljää päätyyppiä: lasi-, metalli-, muovi- ja kuitupakkausjätettä. Jälkimmäinen käsittää paperista, kartongista ja aaltopahvista tehdyt pakkaukset. Puupakkaukset on jätetty tarkastelun ulkopuolelle, koska niitä päätyy kotitalouksien haltuun vain vähäisiä määriä. Niin ikään tarkasteltavien pakkausjätteiden ulkopuolelle jäävät ne jakeet, jotka kotitaloudet palauttavat tuottajille panttijärjestelmien kautta.

Tarkasteltava alue

Tarkasteltava pohjoinen alue koostuu Lapin 19 kunnasta ja Taivalkosken ja Kuusamon kunnista, jotka sijaitsevat Pohjois-Pohjanmaalla. Lapin maakunnasta Simon kunta on rajattu tarkastelun ulkopuolelle, koska se liittyi Oulun jätehuoltoon syksystä 2012. Pohjoisen alueen eteläinen reuna on rajattu kuvassa 1 punaisella viivalla.

Tarkasteltavan alueen asukasluku on kerättyjen tietojen mukaan noin 210 000 asukasta, joka on vajaa 4 prosenttia Suomen väestöstä. Laskettu keskimääräinen asukastiheys on alle 2 asukasta/km². Taajama-aste, eli taajamissa asuvan väestön osuus, on Lapissa 76 % ja väestöstä kaksi kolmasosaa on keskittynyt Rovaniemen ja Kemi-Tornion kaupunkiseuduille.

Jätehuollosta tarkasteltavan alueen kunnissa vastaavat alueen kolme kunnallista jätelaitosta (Kuva 2). Nämä kolme yhtiötä ovat asukasmäärien perusteella suuruusjärjestyksessä Napapiirin Residuum Oy (Rovaniemi, Pello, Ranua), Perämeren jätehuolto Oy (Kemi, Keminmaa, Tervola, Tornio, Ylitornio) ja Lapin Jätehuolto kuntayhtymä Oy eli Lapeco (Enontekiö, Inari, Kemijärvi, Kittilä, Muonio, Pelkosenniemi, Salla, Savukoski ja Sodankylä). Lisäksi alueella on kolme kuntaa (Kolari, Posio ja Utsjoki), jotka eivät ole liittyneet alueellisiin jätelaitoksiin. Jätelaitoksiin kuulumattomia kuntia ovat lisäksi tässä selvityksessä pohjoiseen alueeseen sisällytyt Pohjois-Pohjanmaan kunnat Kuusamo ja Taivalkoski.



Kuva 1. Pohjoisen alueen aluerajaus (jätelaitoksiin kuulumattomat kunnat valkoisella pohjalla) (www.jly.fi).



Kuva 2. Lapin maakunnan jätelaitokset (Lapin jätesuunnitelma 2011).

2 Elinkaaritarkastelu

Tehtäessä ratkaisuja pohjoisen alueen pakkausjätteiden keräyspisteverkostolle asetettavista vaatimuksista päätöksenteossa huomioon otettavia kriteereitä ovat keräysvaiheen ja muiden kuljetusten aiheuttamat ympäristö- ja kustannusvaikutukset sekä näiden vaikutusten suhde pakkausjätteen vaihtoehtoisista käsittely- ja hyödyntämisuudoista syntyviin vaikutuksiin. Erilaiset keräystavat ja keräysverkoston tiheys vaikuttavat kuljetusten taajuuteen, mutta myös tapoihin, jolla kerättyä jätettä käsitellään ja hyödynnetään. Keräys- ja kuljetusjärjestelmän lisäksi selvityksen tarpeisiin mallinnettiin kullekin kerättävälle pakkausjätefraktiolle kokonainen käsittely- ja hyödyntämisketju. Vaikutuksia arvioitaessa mukaan luettiin pakkausjätettä hyödyntämällä vältetty energian ja neitseellisten materiaalien käyttö.

Erilliskeräyksellä on vaikutus jäljelle jäävän sekajätteen koostumukseen ja määrään. Pakkausjäte, jota ei syntypaikkalajitella, päätyy sekajätteeseen. Sekajätteen osalta pääasiallinen käsittelytapa on vielä loppusijoitus mutta yhä enenevässä määrin energiana hyödyntäminen. Poltettaessa sekajätteenä kuitu- ja muovipakkaukset korvaavat muuta energiantuotantoa, sekajätteessä oleva metalli pystytään ottamaan osittain talteen polton jälkeen, lasi päätyy voimalaitoksen kuonaan eikä sitä voida hyödyntää.

2.1

Menetelmä

Pakkausjätteiden keräyksen ja hyödyntämisen erilaisten vaihtoehtojen tuottamien ympäristö- ja kustannusvaikutusten tarkasteluun käytetään elinkaariajattelua (life-cycle thinking, LCT). Elinkaariajattelun mukaisesti tarkastelussa otetaan huomioon pakkausjätteen elinkaaren aikaiset vaikutukset aina sen synnystä hyödyntämisen loppumiseen saakka. Tarkastelu perustuu jätteen hyödyntämisprosessien osalta olemassa olevan elinkaaripohjaisen tiedon kokoamiseen ja keräys- ja kuljetusvaiheen ympäristövaikutusten määrällistämiseen elinkaariarvioinnilla (life-cycle assessment, LCA) (ISO 14040:2006 ja ISO 14044:2006). Kustannusvaikutukset arvioidaan yhteiskunnallisten kustannusten elinkaariarvioinnilla (social life cycle costing, SLCC). Menetelmien soveltamista jätehuoltoon ja niiden keskinäisistä yhteyksiä on tarkasteltu muun muassa julkaisuissa (Dahlbo ym. 2007, Myllymaa ym. 2008a, 2008b). Keskeistä on menetelmien metodologinen yhteneväisyys, mikä mahdollistaa ympäristö- ja kustannustarkastelun tulosten rinnastamisen.

Hankkeessa tarkasteltavat ympäristövaikutusluokat ovat ilmastomuutos (CC=climate change), mineraalisten luonnonvarojen ehtyminen (MD=mineral resource depletion) ja fossiilisten luonnonvarojen ehtyminen (FD=fossil fuel depletion). Lisäksi luonnonvarojen osalta arvioidaan puun, soran ja saven käyttöä. Vaikutusarvioinnissa käytetään ReCiPe-vaikutusarviointimallin karakterisointikertoimia, joiden avulla kuhunkin vaikutusluokkaan kohdistuvat päästöt tai muut kuormitteet (kuten luonnonvarojen käyttö) voidaan laskea yhteen ns. vaikutusluokkaindikaattoriksi (ReCiPe

2012). Vaikutusluokkaindikaattorit ovat CC-vaikutusluokalle kg CO₂-ekv., MD-vaikutusluokalle kg Fe-ekv. sekä FD-vaikutusluokalle kg öljy-ekv. Ilman omaa vaikutusluokkaa olevat puun, soran ja saven käyttö ilmaistaan kiloina. Kasvihuonekaasupäästöjen karakterisoinnissa otetaan huomioon niiden potentiaalisesti aiheuttama säteilypakote ja sitä kautta ilmastomuutosta kiihdyttävä vaikutus 100 vuoden aikajänteellä. Mineeraalisten ja fossiilisten luonnonvarojen ehtymisvaikutukset arvioidaan luonnonvarojen tunnettujen varantojen perusteella ja suhteessa niiden käyttöönoton kustannuksiin. (Goedkoop ym. 2012.) Tarkastelussa ei selvitetty vaikutuksia muun muassa happamoitavien ja rehevöittävien päästöjen, alailmakehän otsonivaikutusten, hiukkaspäästöjen tai ekotoksisuuden kannalta. Jätehuollossa merkityksellisiä ympäristövaikutusluokkia ja niissä syntyviä päästöjä on jätelajeittain esitelty julkaisussa Myllymaa ja Dahlbo (2012).

2.2

Järjestelmäkuvaus

Elinkaaritarkasteluun valittiin kolme vaihtoehtoista kokonaisuutta, joissa tehdään erilaisia oletuksia pakkausjätteiden keräystavasta ja hyödyntämisvaihtoehdoista:

Vaihtoehto 1.

Palavat pakkausjätefraktiot eli muovi- ja kuitupakkausjätteet kerätään yhdessä sekajätteen kanssa ja kerätty jäte ohjataan polttoon. Syntypaikkalajitellut lasi- ja metallipakkaukset erilliskerätään aluekeräyspisteissä ja ohjataan kierrätykseen.

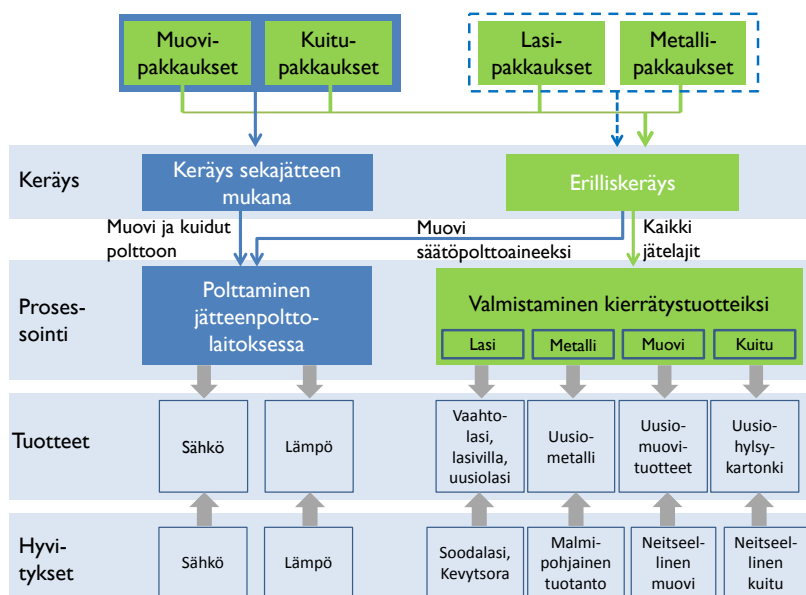
Vaihtoehto 2.

Pakkausjätteet syntypaikkalajitellaan ja erilliskerätään jätelajeittain aluekeräyspisteissä. Kaikki jätelajit kierrätetään.

Vaihtoehto 3.

Pakkausjätteet syntypaikkalajitellaan ja erilliskerätään jätelajeittain aluekeräyspisteissä. Lasi-, metalli- ja kuitupakkaukset ohjataan kierrätykseen. Muovipakkausjätettä käytetään niin kutsuttuna säätöpolttoaineena jätevoimalaitoksessa. Säätöpolttoainetta käytetään höyryn tarpeen muutosten säätelyyn, kun jätevoimalaitos tuottaa höyryä läheisen teollisuuslaitoksen tarpeisiin.

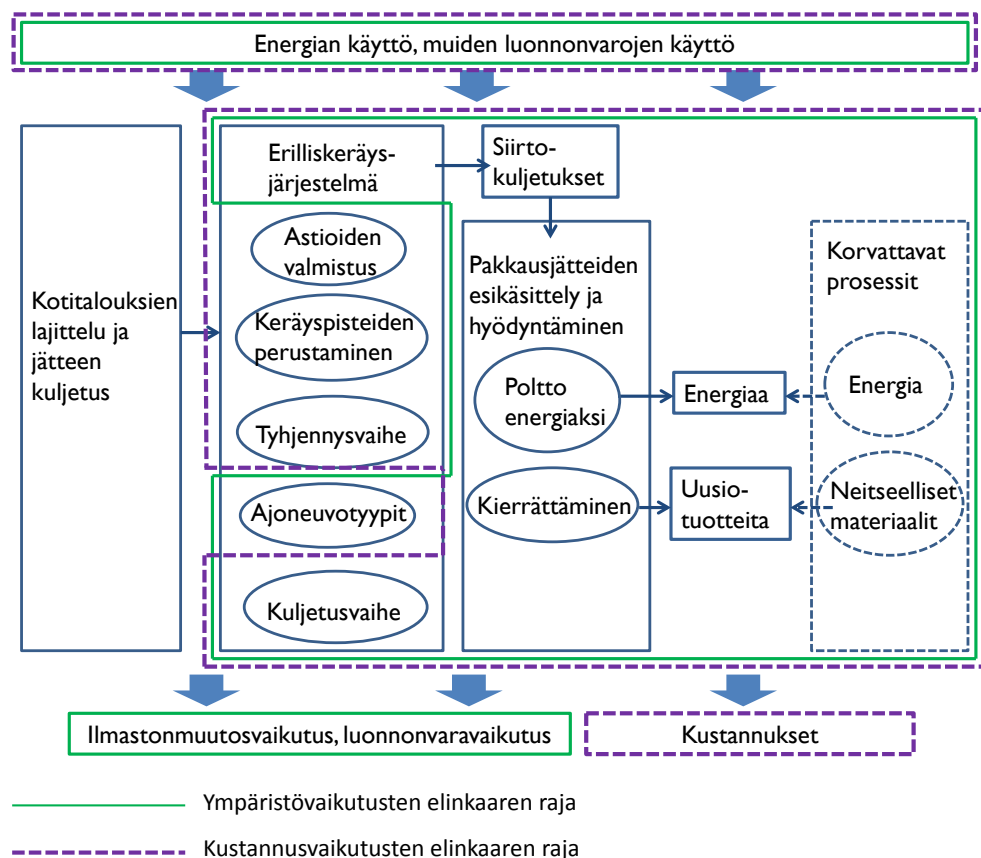
Mallinnetut hyödyntämisketjut on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Pakkausjätteille mallinnetut vaihtoehdot

Tarkastelun rajaukset ja oletukset

Elinkaaritarkastelussa tehtiin järjestelmärajauksia ja laadittiin erinäisiä perusoletuksia. Tarkastelun rajauksia on havainnollistettu kuvassa 4 ja niitä sekä tehtyjä oletuksia on selvennetty seuraavassa.



Kuva 4. Elinkaaritarkastelun rajaukset

Rajaukset

- Pakkausjäte tulee tarkasteltavaan järjestelmään niin sanotusti nollapäästöisenä eli elinkaaren alkupää on hetki, kun pakkaus poistetaan käytöstä.
- Tarkastelun ulkopuolelle on rajattu ne vaikutukset, jotka syntyvät, kun kotitaloudet lajittelevat pakkausjätteen erilleen muusta jätteestä sen syntypaikalla.
- Mukaan luettuja elinkaaren vaiheita ovat pakkausjätteen mahdollinen kuljetus vastaanottopaikalle (aluekeräyspisteeseen), sen keskitetty keräys ja kuljetus, mahdollinen esikäsittely, varsinainen käsittely sekä pakkausjätteen hyödyntäminen.
- Perustarkastelussa kuitenkin oletetaan, että kotitaloudet kuljettavat pakkausjätteen aluekeräyspisteisiin jonkin muun ajomatkan yhteydessä, jolloin kotitalouksien jätteenkuljetuksesta ei allokoita vaikutuksia pakkausjätteen keräysjärjestelmälle. Kotitalouksien kuljetusten lisävaikutusta ilmastomuutosvaikutusluokassa ja kustannuksissa tarkastellaan luvussa 8.5.

- Keräystyön vaikutusarvioinnissa otetaan huomioon kuljetusvaiheen vaikutukset, mutta ei tyhjennyksen aikaisen tyhjäkäynnin vaikutuksia päästöjen osalta (ks. luku 5.2). Ympäristövaikutuksissa otetaan huomioon vaihtelu erityyppisten ajoneuvojen polttoaineen kulutuksessa ja päästöissä, kustannusvaikutuksissa ei pystytä huomioimaan erikokoisten ja -tyyppisten ajoneuvojen välisiä eroja.
- Tutkimuksessa ei ole huomioitu aluekeräyspisteiden perustamisen, keräysvälineiden, kuljetusvälineiden, käsittelylaitosten eikä kaatopaikan valmistamisesta, rakentamisesta ja ylläpidosta syntyneitä päästöjä ja luonnonvarojen kulutusta. Finnvedenin ym. (2005) antaman nyrkkisäännön mukaan nämä toissijaiset vaikutukset ovat korkeintaan 10 % elinkaaren kokonaisvaikutuksista.
- Kustannustarkastelussa em. investoinnit ovat oleellisessa asemassa, joten kustannustarkastelun rajausta on tältä osin laajempi.
- Elinkaaren aikaisiin vaikutuksiin lasketaan käsittely ja hyödyntämisketjun suorien vaikutusten lisäksi myös hyödyntämisen tuottamat vältetyt vaikutukset eli CO₂-ekvivalentit päästöt, luonnonvarojen kulutus ja kustannukset, jotka jäävät syntymättä, kun pakkausjätettä kierrättämällä tai polttamalla voidaan välttää neitseellisten materiaalien ja muiden polttoaineiden käyttöä.
- Tarkastelun ulkopuolelle on jätetty pääsääntöisesti prosesseissa syntyneiden jätteiden ja jätevesien käsittely jätevoimalan tuhkan käsittelyä lukuun ottamatta.
- Tarkastelussa ei oteta huomioon sekajätteen keräysjärjestelmässä syntyviä muutoksia (koostumus ja määrä), kun pakkausjätevirta siirtyy aluekeräyksen kautta kerättäväksi tai nykyisin erilliskerättävä, polttokelpoinen pakkausjäte siirtyy takaisin sekajätteen keräykseen (luku 5.4). Muutoksen merkitystä pohditaan kuitenkin tulosten yhteydessä (luku 7.6).

Oletukset

- Aluekeräyspisteissä oletetaan kerättävän vain pakkausjätteitä, ei esimerkiksi muita pienmetalleja pakkausmetallien tai muita kotitalousmuoveja pakkausmuovien kanssa, vaikka käytännössä näin voitaisiinkin toimia.
- Pakkausjätteen sijoittamista kaatopaikalle ei tarkastella vaihtoehtona, koska niin kutsuttu orgaanisen jätteen kaatopaikkakielto tulee estämään orgaanisilta pakkausjätteiltä (tässä selvityksessä kuitu- ja muovipakkausjätteet) tämän vaihtoehdon.
- Kustannustarkastelussa näkökulma on yhteiskunnallinen eli tarkastellaan yhteiskunnalle kokonaisuudessaan syntyviä kustannuksia. Kustannukset eivät sisällä veroja ja muita siirtosummaa osapuolten välillä. Tulokset eivät siten vastaa yksittäisten toimijoiden kohtaamia markkinakustannuksia tai kerro kierrätysprosessien kannattavuudesta yksittäisen toimijan näkökulmasta.
- Osana yhteiskunnallisia kustannuksia tulisi tarkastella päästövaikutusten rahamääräistä arvoa. Myllymaa ym. (2008a) ovat arvioineet päästökustannusten roolin kuitenkin hyvin pieneksi, alle 5 % kokonaiskustannuksista, joten laskentaa ei tältä osin suoritettu tässä selvityksessä. Myös luonnonvarojen ehtymisen osalta kustannusvaikutus, joka syntyy, kun jätettä hyödyntämällä esimerkiksi raakaöljy ja maakaasu jäävät louhimatta ja tunnettujen varantojen käyttöikä pitenee, jätetään pois tarkastelusta sen pienen vaikutuksen takia (Myllymaa ym. 2008b).

Pakkausjätteiden erilliskeräyksen tiheys ja saanto

Pakkausjätteen erilliskeräyksen saantoon ja keräysverkoston tiheyteen liittyviä oletuksia ja niiden valintaperusteita käsitellään erikseen seuraavissa luvuissa. Yhteenvetona tehdyt oletukset ovat näiltä osin seuraavat:

- Pakkausjätteen asukaskohtaiseksi saannoksi aluekeräyksenä tapahtuvan erilliskeräyksen kautta oletetaan jätelajikohtaisesti (ks. luku 3):

Taulukko 1. Perustarkastelussa oletettu pakkausjätteiden vuotuinen, asukaskohtainen saanto aluekeräyksenä järjestetyssä erilliskeräyksessä

Jätelaji	Asukaskohtainen aluekeräyksellä erilliskerätty jätesaanto vuodessa, kg/as/a
Lasipakkausjäte	2,7
Metallipakkausjäte	2,7
Kuitupakkausjäte	12,2
Muovipakkausjäte	5

- Myös vaihtoehdossa 1 (ks. luku 2.2), jossa kuitu- ja muovipakkaukset kerätään sekajätteen mukana, lasketaan polton vaikutukset taulukossa 1 esitettyjen jätesaantojen mukaisesti.
- Aluekeräysjärjestelmän tiheyttä tarkastellaan 152 pisteen verkostotiheydellä. Väestöpohja yhtä keräyspistettä kohden on tällöin noin 1300 asukasta (ks. luku 4). Aluekeräyspisteiden oletetaan sijaitsevan taajamissa kauppojen yhteydessä.

2.4

Käytetyt lähteet

Selvityksessä tarkasteltavan pohjoisen alueen ominaistietoja kerättiin pohjoisen alueen jätelaitoksilta ja kunnilta. Jättemäärien ja -koostumuksien arvioinnissa käytettiin kirjallisuuslähteitä sekä Ruotsista ja Norrbottenin läänistä hankittuja tietoja. Keräysverkoston osalta hyödynnettiin aiempia tarkasteluita sekä Ruotsin järjestelmästä saatavilla olevia tietoja. Jätteen keräys- ja kuljetusjärjestelmän lähtötietoina käytettiin jätelaitosten ja jäteasiantuntijoiden tietoja mutta myös kirjallisuuslähteitä. Kuljetusten ilmastomuutosvaikutukset ja luonnonvaravaikutusten laskennassa käytettävä polttoaineen kulutus johdettiin LIPASTO-laskentajärjestelmästä (VTT 2012).

Lähtötietoina selvityksessä tarkasteltavista jätteenhyödyntämisprosesseista ja jätehuollon ulkopuolisista, oletetuista korvattavista prosesseista käytettiin erilaisia tietolähteitä. Ilmastomuutosvaikutusten ja kustannusten laskenta perustuu sekä SYKE:n tutkijoiden hallussa olevaan tietoon että kotimaisiin ja kansainvälisiin kirjallisuuslähteisiin. Luonnonvaravaikutukset johdettiin osin Ecoinvent-tietokannasta (Swiss Centre for Life Cycle Inventories 2012) ja osin laitospohjaisesta prosessitiedosta.

Tulosten raportointi

Elinkaaren tuottamat vaikutukset raportoidaan vuotuisella tasolla

- kokonaisvaikutuksina keräys- ja kuljetusvaiheesta (luvussa 7),
- pakkausjätefraktioittain yhtä pakkausjätefraktiotonnia kohden (luvussa 8.2) ja
- kokonaisvaikutuksina kutakin järjestelmävaihtoehtoa kohden (luvussa 8.3).

Kriittisiksi osoittautuneista tekijöistä tehtiin herkkyystarkasteluita, joita esitetään muiden tulosten lomassa.

3 Pakkausjätteen määrä

3.1

Nykyinen kertymä

Lapissa kiinteää yhdyskuntajätettä kertyi vuonna 2010 noin 500 kg asukasta kohden. Kaatopaikoille tästä sijoitettiin noin 362 kg/asukas, mikä on korkeampi kuin Suomen keskiarvo, 212 kg/asukas. Hyödyntämisaste oli Lapissa 27 %, mikä on noin puolet vähemmän kuin Suomessa keskimääräisesti. Sekajäte, noin 66 500 tonnia, sijoitettiin vielä vuonna 2011 kokonaisuudessaan kaatopaikalle. (Lapin jätesuunnitelma 2011.)

Pakkausjätteen kokonaiskertymästä ei ole olemassa tarkkaa tietoa tarkasteltavalla alueella. Alueen jätelaitokset keräävät muovია lukuun ottamatta muita pakkausjätteitä, mutta osa jätelaitoksiin kuulumattomista kunnista ei ole järjestänyt pakkausjättejakeiden erilliskeräystä. Sekajätteeseen sijoitetaan siis osalla alueesta lähes kaikki pakkausjätteet. Alueen jätelaitosten tietojen mukaan erilliskerättyjen jakeiden kertymät ovat olleet vuotuisessa kasvussa niin absoluuttisesti kuin myös suhteutettuna sekajätteen määrään.

3.1.1

Erilliskerätty määrä

Tarkasteltavan alueen jätelaitosten ja kuntien raportoimat erilliskerättyjen pakkausjätteiden määrät ja arviot sekajätteen määrästä on koottu taulukkoon 2. Kuusamon osalta luvut on raportoinut Mattila (2010). Tiedot koskevat vuosia 2009–2011 tiedon kokoajasta riippuen. Vaikka osa jätelaitoksiin kuulumattomista kunnista kerää pakkausjätettä, kaikilla kunnilla ei ole hallussaan tietoa erilliskerätystä määrästä. Myös sekajätteen kertymätiedot puuttuvat joiltakin kunnilta. Syynä tiedon puutteeseen on sopimusperusteisen jätteenkuljetuksen käyttö, josta kunnilla ei ole tietoa. Vertailun vuoksi taulukossa 2 on raportoitu väestötiheydeltä ja väkiluvultaan samantyyppisen Ruotsin Norrbottenin läänin raportoidut erilliskertymät vuodelta 2011 (FTI 2012).

3.1.2

Sekajätteessä oleva pakkausjätteen määrä

Sekajätteen seassa olevan pakkausjätteen määrää olisi mahdollista arvioida tarkasteltavan alueen sekajätteen koostumustutkimuksella. Tällaista lajittelututkimusta ei ole tehty pohjoisella alueella, mutta muilla alueilla tuotettujen tietojen pohjalta voidaan esittää joitakin karkeita arvioita.

Teirasvuon (2011) referoimien, Suomessa 2000-luvulla tehtyjen lajittelututkimusten keskiarvot ja keskihajonnat on esitetty taulukossa 3. Tarkasteltavalle alueelle lajittelututkimusten keskiarvoja paremmin soveltuvat kuitenkin Kainuun lajittelututkimuksen tulokset (Tampio 2010). Asukastiheys Kainuussa on hieman korkeampi (3,9 asukasta/km²), mutta taajama-aste puolestaan alhaisempi (n. 70 %) kuin tarkasteltavalla alueella. Lisäksi taulukossa on raportoitu Etelä-Karjalan haja-asutusalueen tiedot (Teirasvuo 2011). Etelä-Karjalan lajittelututkimuksessa todetaan, että keskimäärin taajama- ja haja-asutus alueiden jätekoostumuksissa ja jätteen laadussa ei kuitenkaan ollut merkittäviä eroja.

Taulukko 2. Jätelaitosten toimialueiden ja kuntien asukasmäärät, sekajätteen kokonaiskertymä ja pakkausjätteiden erilliskerätyt määrät pohjoisella alueella ja Ruotsin Norrbottenissa vuonna 2011

Alue (toimialue tai kunta)	Asukkaita	Sekajätettä, tonnia	Erilliskerätyt pakkausjätteet, tonnia			
			Lasi	Metalli	Kuitu	Muovi
Napapiirin Residuum	68 811	20 000	133	28	117	0
Perämeren jätehuolto	61 553	14 325	165	57	230	0
Lapeco	40 577	17 225	65	30	41	0
Kuusamo	16 431	7 576	29	47	123	163
Taivalkoski	4 422	800–1 000	0	0	0	0
Posio	3 938	1 100–1 250	0	ei tietoa	0	0
Kolari	3 859	ei tietoa	ei tietoa	ei tietoa	0	0
Utsjoki	1 304	ei tietoa	ei tietoa	ei tietoa	0	0
YHTEENSÄ	200 895	n. 66 500	392	162	511	163
kg/asukas/a		330	1,95	0,8	2,5	0,8
Norrbotten	248 609		4 406*	601	4 133	2 807
kg/asukas/a			17,7*	2,4	16,6	11,3

* Luvut eivät ole verrattavissa Suomeen, koska lasipakkausjätteen tilastointi eroaa Suomessa käytössä olevasta tilastoinnista (ks. luku 3.2).

Taulukko 3. Jätejakeiden osuuksia (painoprosenttia, m-%) sekajätteen lajittelututkimuksissa

Jätefraktio	Keskiarvo kaikista tutkimuksista	Vaihteluväli tutkimuksissa	Kainuu 2010	Etelä-Karjala 2010, haja-asutusalue
Lasi	2,7	0,6–9	2,3	2,4
Metalli	3,2	0,3–5,6	4,8	4
Keräyskartonki ja -pahvi	7,1	5–11,5	ei tietoa	6
Muovit, kierrätyskelpoinen	0,1	0–0,2	ei tietoa	0,2
Muovit, polttokelpoinen	12,4	5–21	20,2	21,5

Pakkausjätteiden kannalta lajittelututkimusten ongelma on se, että tutkimusten alkuuperäinen tarkoitus ei ole ollut erotella nimenomaan pakkausjätteitä eivätkä kaikki tutkimukset ole siten erotelleet pakkausjätteen määrää. Näin ollen on hankalaa arvioida, mikä osuus taulukon 3 painoprosenteista syntyy nimenomaan pakkausjätteestä eikä muusta lasi-, metalli-, muovi-, ja kuitujätteestä. Ajanko ym. (2005) ovat tarkastelleet erikseen Jyväskylän ja Pietarsaaren kuivajätteen sisältämiä pakkausjättemääriä. Muovipakkausten osuus kaikesta muovista kuivajätteen seassa on 42–60 %, kuitupakkausten osuus kaikista kuiduista 48 %, lasipakkausten osuus 50–67 % ja metallipakkausten osuus 0–33 %. Pääkaupunkiseudun kotitalousjätteen koostumustutkimuksessa sekajätteen sisältämästä muovi- ja lasijätteestä yli 90 % oli pakkausjätettä. Metallijätteestä 53 % oli pakkausjätettä ja kuitujätteestä 44 % (YTV 2008). Taulukossa 4 on raportoitu pääkaupunkiseudun erilliskerättyjä määriä vuodelta 2010 (HSY 2012) sekä viimeisimmän julkaistun lajittelututkimuksen tulokset (YTV 2008) sekä vertailun vuoksi Ruotsin lajittelututkimusten keskiarvoiset tiedot pakkausjätteiden osalta (Naturvårdsverket 2009).

Taulukko 4. Asukaskohtainen muodostuva pakkausjäte (kg/asukas/vuodessa) pääkaupunkiseudulla (YTV 2008, HSY 2012) ja Ruotsissa keskimäärin (Naturvårdsverket 2009)

Pakkausjäte	Pääkaupunkiseudulla		Ruotsissa keskimäärin	
	Erilliskerätty	Sekajätteen seassa	Erilliskerätty***	Sekajätteen seassa****
Lasi	8	6	18,2	2,4
Metalli	11*	3	2	2,3
Muovi	ei tietoa	26	2,2	9,3
Kartonki	9	16	10,6	9
YHTEENSÄ	28**	51	33	23

*Luku sisältää muitakin pienmetalleja

**Luvusta puuttuu kerätty muovi ja lukuun sisältyy metallien osalta muitakin kuin pakkauksia.

*** Erilliskerätty määrä perustuu vuoden 2008 raportoituuihin tietoihin.

****Sekajätteen seassa oleva määrä perustuu neljän 2000-luvulla tehdyn lajittelututkimuksen keskiarvoon.

Lisäongelman pakkausjätteen määrän arvioimisessa aiheuttaa sekajätteen seassa olevan pakkausjätteen märkäpaino. Esimerkiksi YTV:n (2008) lajittelututkimuksessa runsaasti sisältöjäämiä sisältävät pakkaukset on sijoitettu biojätteeseen, mutta kaikissa tutkimuksissa ei ole välttämättä pystytty ottamaan huomioon kostuneiden jakeiden ja sisältöjäämien vaikutusta. Arviot pakkausjätteen massaosuudesta saattavat siis tältä osin olla vääristyneitä. Huomioitavaa on myös se, että sekajätteen lajittelututkimusten tulosten hajontaan vaikuttavat erilliskerättävien jätelajien määrät kullakin alueella, jolloin syntypaikkalajittelun sekajätteen koostumuksessa on alun alkaenkin merkittäviä alueellisia eroja. Esimerkiksi pääkaupunkiseudulla on käytössä kiinteistökohtainen kartongin keräys isoilla kiinteistöillä. Joillakin alueilla on ollut käytössä myös energiajätteen erilliskeräys, jolloin merkittävä osuus muovipakkausjätteistä on sijoitettu energiajakeeseen.

Pakkausten kulutuksen perusteella arvioitu määrä

Vaihtoehtoisesti voidaan yrittää arvioida pakkausjätteen kokonaismäärää Pakkausalan ympäristörekisterin (PYR) raportointien lukujen avulla. Niiden perusteella Suomessa syntyi pakkausjätettä vuonna 2010 noin 709 000 tonnia. Luku sisältää kaikki pakkausjätteet, mukaan lukien teollisuuden ja kaupan jätteet, mutta siitä puuttuvat sen sijaan yritykset, joiden liikevaihto on alle miljoona euroa. Kaila ym. (2010) ovat arvioineet järjestelmän ulkopuolelle jäävän noin 60 000 tonnia pakkauksia, pääosin aaltopahvia. PYR:n (2008) arvion mukaan kuluttajien ja suurkäyttäjien osuus pakkausjätteistä oli 29 %.

Käyttämällä vuoden 2008 arviota saadaan kotitalouksien tuottaman pakkausjätteen määräksi vuonna 2010 yhteensä 223 010 tonnia, mikä tarkoittaa 41,5 kg asukasta kohden. Luku on varsin alhainen verrattuna esimerkiksi sekajätteen koostumusarvioista ja erilliskerätyistä määristä johdettavissa oleviin asukaskohtaisiin kokonaisarvioihin.

Pohjoiselle alueelle siirrettynä tämä keskimääräinen tuottoalttius tarkoittaisi arviolta 8 335 tonnia pakkausjätettä vuodessa. Taulukossa 2 raportoitu pohjoisen alueen pakkausjätteen erilliskertymä olisi vain 15 % edellä johdetusta pakkausten kokonaismäärästä. Vaikka PYR:n tilastoihin perustuva arvio pohjoisen alueen pakkausjätteestä on karkea, on selvää, että pohjoisen kotitaloudet sijoittavat valtaosan pakkausjätteestä nykyhetkellä sekajätteen joukkoon. Myös kuitupakkausten poltto kotitalouksissa on oletettavasti yleistä.

Pakkausjätteen potentiaalinen saanto

Selvityksen järjestelmämallinnusta varten on tarpeen arvioida, kuinka paljon pakkausjätteitä olisi mahdollista saada talteen erilliskeräyksen kautta tarkasteltavalla alueella. Koska pakkausjätteen määrää ei tunneta tarkasti tarkasteltavalla alueella, on tehtävä oletus siitä, millainen potentiaalinen vuotuinen asukaskohtainen saanto voisi olla. Saanto riippuu muodostuvan pakkausjätteen kokonaismäärän lisäksi erityisesti keräysverkoston laajuudesta ja saavutettavuudesta sekä kuluttajien lajittelukäyttäytymisestä (lajitteluhaluudesta). Tässä esitetään kolme vaihtoehtoista tapaa arvioida aluekeräyksen kautta kerättävissä olevan pakkausjätteen saantoa. Eri oletusten perusteella johdetut saannot on raportoitu taulukossa 5.

i) Erilliskeräyksen saantoja käyttäen

Potentiaalinen saanto voidaan johtaa olemassa olevista erilliskeräysarvioista. HSY:n (2012) arvion (taulukko 4) ongelmana on se, että luku pitää sisällään muitakin kuin metallipakkauksia ja muovin osalta tietoa ei ole. Epävarmuudet johtuvat siitä, ettei keräystoimijoilla ole velvoitetta raportoida määristä HSY:lle. Kuvaavampi arvio saadaan ominaispiirteiltään samankaltaiselta alueelta eli Pohjois-Ruotsin Norrbottenin kertymistä. Pakkausjätelajikohtaiset, erilliskeräyksen saannot Norrbottenista ja Ruotsista keskimäärin on raportoitu liitteessä 1. Vuonna 2011 pakkausjätettä erilliskerättiin Norrbottenissa talteen 48 kg asukasta kohden, eli yhteensä 11 949 tonnia. Ruotsissa keskimäärin luku oli 38 kg. Norrbottenin saannoissa on suuria kuntakohtaisia eroja ja vuotuista vaihtelua. Eroa Norrbottenin ja keskiarvon välillä saattaa selittää esimerkiksi matkailijoiden vaikutus alueen turistikohdeissa. Lasipakkausten osalta luvut (ja siten kokonaismäärät) eivät ole kuitenkaan sellaisenaan verrattavissa Suomeen, koska Ruotsin tuottajayhteisö Förpacknings & Tidnings Insamlingen (FTI) sisällyttää tilastoihinsa lasin osalta elinkeinoelämän lasijätteitä ja Systembolagetin pantittomat palautuspullot. Taulukossa 5 on raportoitu HSY:n ja Ruotsin tiedoista johdetut potentiaaliset saannot pohjoiselle alueelle.

ii) Sekajätteen koostumusarviota käyttäen

Sekajätettä pohjoisella alueella syntyi jätelaitosten ja kuntien arvioiden perusteella vuonna 2011 noin 66 500 tonnia. Tästä luvusta on laskettu taulukon 3 massaosuuksien avulla arviot pakkausjätteen määrästä sekajätteen seassa. Laskennassa on käytetty oletusta, että muovi- ja kuitupakkausten osuus kaikesta muovi- ja kuitujätteestä on kummallekin jakeelle 60 %. Lasi ja metallin osalta on käytetty arviota 50 %. Johdetut kertymät sekajätteessä on raportoitu taulukossa 5. Summaamalla taulukon 5 lukuihin nykyisin erilliskerätyt määrät (taulukko 2), saadaan teoreettinen arvio maksimaalisesti kerättävissä olevasta pakkausjätteestä.

iii) Pakkausten kulutusarviota käyttäen

PYR:n raportoimista tiedoista johdettiin pohjoisen alueen pakkausjätteen kokonaiskertymä 8 335 tonnia vuodessa. Asukaskohtainen luku on varsin alhainen verrattuna raportoituihin erilliskerätyihin ja sekajätteessä oleviin määriin (taulukko 5).

Taulukko 5. Pakkausjätteiden potentiaalinen saanto pohjoisella alueella eri lähtötiedoista johtaen

	Erilliskeräys, tonnia			Sekajätteen seassa, tonnia				Kokonais- määrä, tonnia
Lähtötieto	HSY 2010	Norrbotten 2011	Ruotsi keskiarvo 2011	Sekajätteen koostumusarviot, Suomi			Sekajätteen koostumus- arviot, Ruotsi	PYR:n pakkaus- tilastot
Pakkausjäte				Keskiarvo lajittelutut- kimuksista	Kainuu ja Etelä- Karjala	Pääkaupunki- seutu		
Lasi	1 607	3 561**	3 879**	898	765	1 205	482	
Metalli	2 210	486	338	1 064	1 596	603	457	
Muovi	-	2 269	974	4 988	8 060	3 214	1 858	
Kuidut	1 808	3 340	2 453	2 361	1 995	5 223	1 813	
YHTEENSÄ	5 625	9 655		9 310	12 416	10 246	4 611	8 335
YHTEENSÄ, kg asukasta kohden vuodessa	28*	48,1**	38,1**	46	62	51	23	41,5

*Luku sisältää metallien osalta muitakin kuin metallipakkauksia, luvusta puuttuu kerätty muovi.

**Luvut eivät ole sovellettavissa sellaisenaan Suomeen, koska lasipakkausjätteen tilastointi eroaa Suomessa käytössä olevasta tilastoinnista (panttijärjestelmien ja elinkeinoelämän pakkausten sisällyttäminen).

3.3

Tarkastelussa oletettu saanto

Perustarkasteluun valitut pakkausjätteiden asukaskohtaiset vuotuiset ominaisaannot aluekeräyksellä tapahtuvassa erilliskeräyksessä on raportoitu taulukossa 6. Valittujen lukujen perustana on käytetty Norrbottenin ja Ruotsin keskimääräisiä erilliskeräyksen saantoja. Koska Ruotsissa pakkausjätteen aluekeräysjärjestelmä on ollut

käytössä jo lähes 20 vuotta, voidaan olettaa, että ominaisaannot ovat suhteellisen vakiintuneet. Metallin osalta käytetään suoraan Norrbottenin saantoa, mutta kuitu- ja muovipakkausten osalta ominaisaannoiksi valittiin alhaisemmat, Ruotsin keskiarvon mukaiset luvut. Osin tähän vaikutti suuret poikkeamat Norrbottenin kuntakoh- taisissa saannoissa, osin haluttiin noudattaa varovaisuutta oletuksissa. Lasin osalta jouduttiin muodostamaan oma oletus, koska Ruotsissa lasin ominaiskertymä pitää sisällään lasipakkauksia, joita ei Suomessa kerätä aluekeräyksellä. Asukaskohtainen kokonaissaanto, 22,6 kg/as/a, vastaa taulukossa 5 esitettyä Ruotsin keskiarvoista kokonaiskertymää sillä erotuksella, että lasin kertymä on Ruotsissa merkittävästi suurempi erilaisen tilastoinnin takia.

Pohjoisen alueen turistikohteissa syntyy lisäjätettä, josta on vaikea tehdä arviota, eikä matkailun lisävaikutusta siten sisällytetty saanto-oletukseen. Matkailun lisä- vaikutuksen merkityksestä antaa kuitenkin kuvan esimerkiksi Lapissa vuonna 2010 rekisteröidyt noin 2,2 miljoonaa yöpymistä ja arvio, että todellisuudessa turistien yöpymisiä on noin kolminkertainen määrä (Lapin liitto 2012).

Tarkastelussa pakkausjätteen keräys- ja kuljetusjärjestelmä mitoitettiin taulukos- sa 6 esitettyjen asukaskohtaisten saantojen avulla. Valittu pakkausjätteiden saanto, 22,6 kg/as/a, on arviolta noin 30–40 % kotitalouksissa syntyvästä pakkausjätteestä, mikä on samalla asukkaiden oletettu lajittelutehokkuus. Taulukossa 7 on verrattu oletussaantoa nykyiseen erilliskeräyksen saantoon ja pakkausjätteen teoreettiseen maksimisaantoon, joka on laskettu summana nykyisestä erilliskeräystä määrästä (taulukko 2) ja sekajätteen sisältämästä arvioidusta määrästä sekajätteen lajittelutut- kimusten keskiarvon perusteella (taulukko 5).

Taulukko 6. Perustarkastelussa oletettu pakkausjätteiden vuotuinen asukaskohtainen saanto ja kokonaissaanto aluekeräyksenä järjestetyssä erilliskeräyksessä

Jätelaji	Asukaskohtainen erillis- kerätty pakkausjättesaan- to vuodessa, kg/as/a	Johdettu kokonaissaanto pohjoisella alueella, t/a	Lähde
Lasipakkausjäte	2,7	542	Arvio
Metallipakkausjäte	2,7	542	Norrbotten
Kuitupakkausjäte	12,2	2 448	Ruotsi, keskiarvo
Muovipakkausjäte	5	1 003	Ruotsi, keskiarvo
YHTEENSÄ	22,6	4 536	

Taulukko 7. Erilliskeräyksen nykyinen saanto, laskennassa käytettävä oletussaanto ja sekajätteen lajittelututkimuksista johdettu teoreettinen maksimisaanto

Jätelaji	Nykyinen saanto kg/as/a	Oletussaanto kg/as/a	Teoreettinen maksimi- saanto kg/as/a
Lasipakkausjäte	1,95	2,7	6,4
Metallipakkausjäte	0,8	2,7	6,1
Kuitupakkausjäte	2,5	12,2	14,2
Muovipakkausjäte	0,8	5	25,6
YHTEENSÄ	6,05	22,6	52,3

4 Keräysverkoston tiheys

4.1

Nykyinen keräysverkosto

Pohjoisen alueen jätelaitoksilta ja kunnilta kerättyjen tietojen perusteella alueella on nykyhetkellä 419 ekopisteeksi kutsuttua alueellista keräyspistettä. Lähes kaikissa pisteissä vastaanotetaan paperijätettä. Pakkausjätteiden osalta noin 80 % ekopisteistä kerää metallipakkauksia, 73 % lasia, kartonkia 25 % ja muovia ainoastaan Kuusamon kunta (3 % kaikista ekopisteistä). Tarkemmat tiedot keräyspisteiden määrästä ovat liitteessä 2.

Asukasta kohden laskettuna nykyinen keräyspistetiheys on noin 1,7 keräyspistettä tuhatta asukasta kohden, kun tiheys lasketaan käyttämällä metallille olemassa olevia keräyspisteitä (suurin määrä keräyspisteitä yksittäiselle pakkausjätelajille). Tämä tarkoittaa noin 600 asukasta yhtä keräyspistettä kohden, kun taas pakkausjätelajien keräyspisteiden keskiarvon mukaan laskettuna noin 1 000 asukasta käyttää yhtä pistettä. Pisteitä, jotka keräävät sekä lasia, metallia ja kartonkia on kuitenkin vain noin 100, mikä tarkoittaa reilua 2 000 asukasta pistettä kohden. Esitetyt väestöpohjat ovat kuitenkin täysin laskennallisia ja käytännössä ekopisteiden ja kerättävien lajien määrissä on suuria kuntakohtaisia eroja (ks. liite 2).

4.2

Uusi keräysverkosto

Selvityksen vaikutusarviointia varten on määritettävä, millaisia oletuksia tehdään tulevan keräysverkoston tiheydestä. Tässä on esitetty neljä vaihtoehtoista tapaa tarkasteltavan keräysverkoston tiheyden määrittämiseksi.

i) Norrbottenin keräystiheys

Vertailualueella, Ruotsin Norrbottenin läänissä pakkausjätteen tuottajavastuuseen perustuva keräysjärjestelmä on ollut käytössä vuodesta 1994. Ruotsissa ei ole annettu erillisiä ohjeita siitä, miten tiheä keräysverkoston tulee olla, vaan keräyspisteiden tarpeesta ja sijoittelusta sovitaan kuntakohtaisesti paikallisten viranomaisten kanssa (SFS 2006:1273). Kunnat ja pakkausten tuottajat ovat vuonna 2009 tehneet sopimuksen, että taajamissa matka keräyspisteeseen saisi olla korkeintaan 400 metriä ja haja-asutusalueella keräyspisteiden tulisi sijaita kauppohen tai kulkuteiden yhteydessä. Norrbottenin läänissä keräysjärjestelmän nykyinen väestöpohja on 1030 asukasta yhtä keräyspistettä kohden. Muovia kerätään vain osassa pisteistä, joten muovin osalta luku on 1 100 asukasta keräyspistettä kohden.

Soveltamalla Norrbottenin keräystiheyttä 0,97 tarkasteltavalle pohjoiselle alueelle saadaan keräyspisteiden kokonaismääräksi 195 pistettä. Tämä on merkittävästi vähemmän kuin nykyisten sekä lasia että metallia keräävien pisteiden määrä (307 kpl). Toisaalta kartongin keräyspisteiden määrä nousisi noin 90 kappaleella ja muovin yli 170 pisteellä. Pisteet tulisivat sijoittumaan myös tasaisemmin koko tarkasteltavalle alueelle.

ii) Ympäristöministeriölle aiemmin laadittu valtakunnallinen laskelma

Kojo (2010) selvitti ympäristöministeriön tilauksesta pakkausjätteen keräysverkostovaatimusten keskimääräisiä kustannuksia koko Suomessa tarkastelussa, jossa keräysverkoston tiheys määräytyi taajamakohtaisista oletuksista (taulukko 8). Hyödyntämällä vuoden 2005 taajamarajauksia ja vuoden 2009 kuntaluokitusta voidaan Kojon esittämien vaihtoehtojen perusteella laskea keräyspisteiden kokonaismäärät pohjoiselle alueelle. Taajamarajauksen mukaan taajamaksi määritellään alue, jolla asuu vähintään 200 asukasta, ja jossa asuinrakennusten etäisyys toisistaan on enintään 200 metriä. Tällä luokittelulla tarkasteltavalla alueella on yhteensä 46 taajamaa (mukaan lukien 3 taajamaa, joissa on hieman alle 200 asukasta). Taajamat on merkitty kuvaan 5 (Hertta-karttapalvelu). Taulukossa 8 on raportoitu keräyspisteiden kokonaismäärät kussakin vaihtoehdossa sekä väestöpohja keräyspistettä kohden.

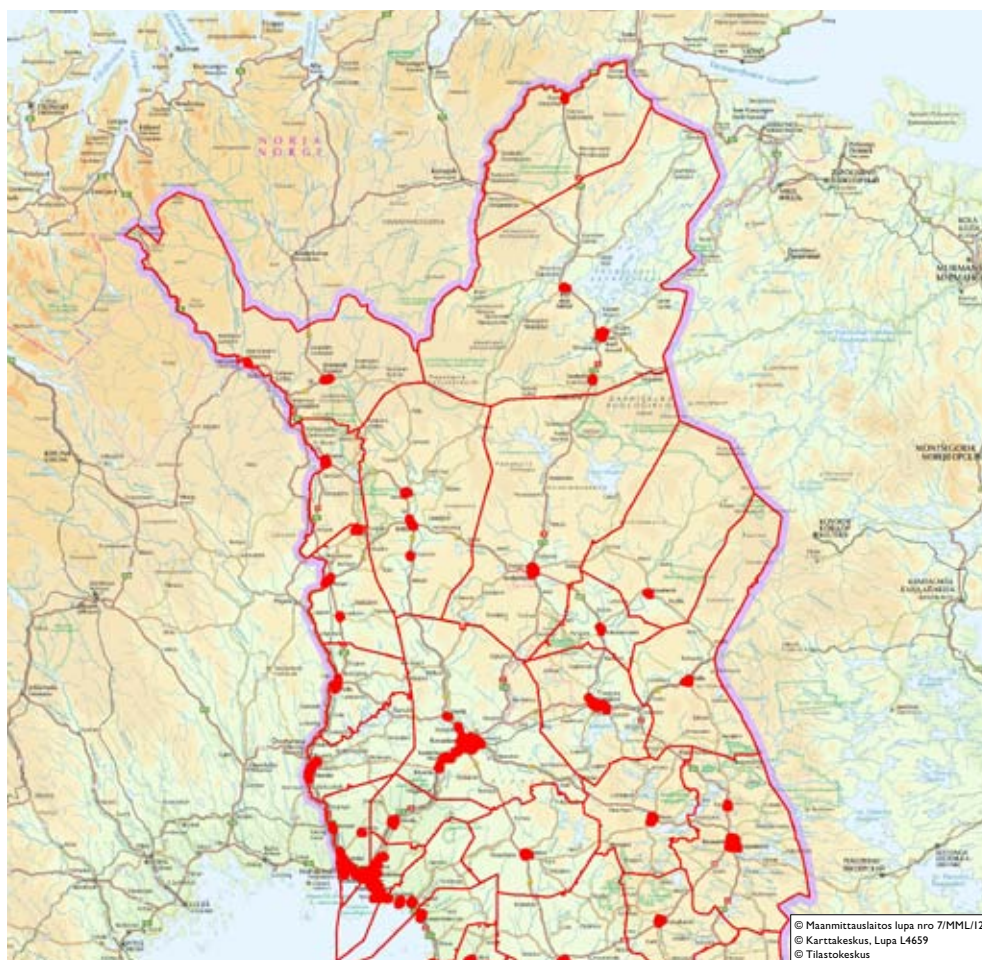
Taulukko 8. Keräysverkoston tiheys pohjoisella alueella Kojon (2010) vaihtoehtoja käyttäen

Vaihtoehto	Keräyspisteitä kussakin taajamassa/kunnassa	Lisäksi keräyspisteitä asukasta kohden	Yhteensä keräyspisteitä pohjoisella alueella	Asukasta keräyspistettä kohden
Perusmalli	1 /taajama	+ 1 /5 000 asukasta	68 pistettä	2 951
Tihennetty malli	1 /taajama	+ 1 /2 000 asukasta	110 pistettä	1 824
Harvennettu malli	1 /kunta + 1 /1000 asukkaan taajama	+ 1 /5 000 asukasta	66 pistettä	3 041

Kojon (2010) oletuksilla keräyspisteiden määrää vähenee nykyisistä lasin, metallin ja kartongin keräyspisteistä, mutta edelleen muovinkeräyspisteiden määrä nousee merkittävästi. Lisäksi taajamakohtaisilla sijoittelusäännöillä keräyspisteet jakautuvat tarkasteltavalle alueelle aiempaa tasaisemmin ja kussakin pisteessä kerätään kaikkia neljää tarkasteltavaa pakkausjätefraktiota. Harvennettu malli ei ole pohjoisella alueella merkittävästi perusmallia harvempi, koska alueella on monia kuntia, joissa taajamakohtainen sääntö (1/1000) ei täyty.

iii) Pohjoisen alueen vähittäistavarakaupat

Keräyspisteiden sijoittelussa voidaan vaihtoehtoisesti käyttää myös vähittäistavarakauppojen lukumäärää pohjoisella alueella. Ympäristötiedon hallintajärjestelmä Hertan mukaan supermarketteja (yli 400 m²:n myymälä) oli tarkasteltavalla alueella vuonna 2010 yhteensä 42 kappaletta ja pienempiä 100–400 m²:n valintamyymälöitä 137 kappaletta. Yhteenlaskettuna 179 vähittäistavarakaupan yhteyteen sijoitetut keräyspisteet palvelisivat kukin keskimäärin 1 122 asukasta. Käytännössä kaupalliikkeet ovat sijainniltaan osin keskittyneitä, jolloin valintamyymälöiden yhteyteen sijoitettujen keräyspisteiden määrää voitaisiin vähentää tai sijoittaa osin toisaalle. Supermarkettien määrä, 42 kpl, vastaa kuitenkin suhteellisen hyvin alueen taajamien lukumäärää, joten sijoittelu isompien kaupalliikkeiden yhteyteen ja harkinnanvaraisesti pienempien liikkeiden yhteyteen takaisi vähintään yhden keräyspisteen lähes kaikkiin taajamiin. Kuvassa 6 on päivittäistavarakauppojen sijainnit tarkasteltavalla alueella (Hertta-karttapalvelu).



Kuva 5. Taajamat pohjoisella alueella (Hertta-karttapalvelu).

iv) Nykyisen verkoston keskimääräisen taajuuden säilyttäminen

Vaihtoehtoissa i-iii keräyspisteiden määrä vähenee nykyisestä kokonaismäärästä, vaikka pisteet sijoittuvatkin alueelle tasaisemmin ja jatkossa jokaista pakkausjätefraktiota kerätään kussakin pisteessä. Yhdeksi tarkasteltavaksi verkostotiheydeksi voitaisiin valita nykyisen keräyksen keskimääräinen laskennallinen väestöpohja, 1 000 asukasta pistettä kohden, siten, että kussakin pisteessä kerättäisiin nykytilanteesta poiketen kaikkia pakkausjätefraktioita ja keräyspisteet sijoittuisivat pohjoiselle alueelle nykyistä tasaisemmin. Tällöin alueella olisi noin 190 keräyspistettä. Vaihtoehto on lähes yhtenevä Norrbottenin keräystiheydestä johdetun tiheyden kanssa. Pisteiden sijoittelussa voitaisiin käyttää taajamakohtaista sijoittelua siten, että sijoittelusääntönä olisi yksi keräyspiste kussakin taajamassa ja lisäksi yksi lisäpiste isoissa taajamissa jokaista noin 1 000 asukasta kohden. Vaihtoehtoisesti pisteet voitaisiin sijoittaa tasaisemmin myös haja-asutusalueelle, koska taajamakohtaiset sijoittelusäännöt aiheuttavat sen, että maaseutuväestöpainotteiset kunnat saavat väkilukuun suhteutettuna vähän keräyspisteitä.



Kuva 6. Päivittäistavarakaupat pohjoisella alueella (Hertta-karttapalvelu).

4.3

Tarkasteluun valittu verkostotiheys

Liite 3 havainnollistaa asukkaiden määrää keräyspistettä kohden kussakin kunnassa ja kussakin edellä esitetystä teoreettisesta vaihtoehdosta i-iv. Esitetyistä vaihtoehdoista elinkaaritarkastelun perustaksi valittiin kauppojen yhteyteen sijoittuva keräysverkosto. Jatkossa kauppamalliksi kutsutussa vaihtoehdossa erilliskeräys toteutetaan aluekeräyksenä, jossa keräyspisteet sijoittuvat taajamiin kauppojen yhteyteen.

Kauppamallissa keräyspisteitä oletetaan tarkasteltavalla alueella olevan yhteensä 152 pistettä, joista jokainen piste palvelee keskimäärin 1 300 asukasta. Keräyspisteiden kokonaislukumäärä on johdettu päivittäistavarakauppojen määrästä, 179 kpl, (ks. luku 4.4) siten, että osassa taajamista pisteiden lukumäärää on vähennetty harkinnanvaraisesti, jos kauppooja sijaitsee samassa taajamassa useampia vierekkäin. Vastaavasti kaupungeissa keräyspisteiden määrää lisättiin jonkin verran kauppojen lukumäärään nähden, jotta kunkin pisteen väestöpohja on lähellä keskiarvoa. Valittu verkostomalli on laskentaperuste keräysvaiheen vaikutuksille, eikä suunnitelma tulevasta verkostosta. Käytännössä keräyspisteiden kuntakohtaisessa lukumäärästä päätettäessä tulee käyttää paikallistuntemusta, esimerkiksi taajamien pinta-alan vaikutusta ei ole tässä pystytty ottamaan huomioon. Verkostomallin laadinnassa ei myöskään otettu huomioon alueen turistikohdeiden lisätarpeita. Kunkin kunnan väkiluku, taajamat ja oletettu aluekeräyspistemäärä on esitetty taulukossa 9.

Taulukko 9. Keräyspisteiden lukumäärä kuntakohtaisesti

Kunta	Väkiluku	Taajamia	Keräyspisteitä
Enontekiö	1 893	2	2
Inari	6 754	3	5
Kemi	22 399	3	16
Kemijärvi	8 295	2	7
Keminmaa	8 572	2	7
Kittilä	6 279	3	5
Kolari	3 836	3	3
Kuusamo	16 373	2	12
Muonio	2 369	1	2
Pelkosenniemi	973	1	1
Pello	3 912	1	3
Posio	3 818	1	3
Ranua	4 262	1	3
Rovaniemi	60 637	7	44
Salla	4 052	1	4
Savukoski	1 156	1	1
Sodankylä	8 806	2	6
Taivalkoski	4 422	1	4
Tervola	3 387	1	3
Tornio	22 545	6	16
Utsjoki	1 294	1	1
Ylitornio	4 650	1	4
YHTEENSÄ	200 684	46	152

Perusteena mallin valinnalle oli aluekeräyspisteiden saavutettavuus kauppamatkojen yhteydessä. Lisäksi verkostotiheys, 152 pistettä, asettuu esitettyjen vaihtoehtojen keskittienoilte (liite 3). Keräyspisteiden väestöpohja on jonkin verran korkeampi kuin Norrbottenissa, jonka pohjalta johdettiin luvussa 3 tarkastelussa oletettava erilliskeräyksen pakkausjätesaanto. Käytännössä ei ole kuitenkaan havaittu selkeää yhteyttä alueellisten vastaanottopisteiden tiheyden ja erilliskeräyksen saantojen välillä. Esimerkiksi pääkaupunkiseudulla alueellisten keräyspisteiden määrää on vähennetty, mutta aluekeräyspisteiden jätesaannot ovat silti kasvaneet. Jätelaitoksilla tiedotuksen ja valistuksen roolia pidetäänkin vähintään yhtä merkittävänä tekijänä kuin verkostotiheyttä. Lapissa ei ole myöskään nykyisin havaittavissa korrelaatiota verkostotiheyden ja jätesaantojen välillä.

Jatkossa tulokset raportoidaan 152 pisteen aluekeräysjärjestelmästä. Tiheämmän ja harvemman keräyspisteverkoston vaikutusta tuloksiin tarkastellaan luvussa 7.4.

5 Pakkausjätteen keräys ja kuljetukset

5.1

Keräyspisteet ja -välineet aluekeräyksessä

Aluekeräyksen tarkastelussa oletetaan, että pohjoiselle alueelle sijoitetaan 152 keräyspistettä. Pisteet perustetaan kauppojen yhteyteen, mutta pisteiden perustamisen ja rakentamisen tarkkoja vaatimuksia ei tunneta. Käytännössä nykyisten keräyspisteiden rakenteita pystytään hyödyntämään uuden keräyspisteverkoston pystyttämisessä. Perustamisen kustannusten osalta noudatetaan tässä Kojon (2010) oletuksia, jolloin perustamisen kustannukseksi lasketaan vain asfaltoinnin kustannus, n. 3 200 euroa/aluekeräyspiste. Pisteiden vuotuiset huoltokustannukset ovat noin 150–250 €, joskaan luku ei pidä sisällään pohjoisen alueen lumitöiden lisävaikutusta ja etäisyyden tuomaa lisäkustannusta.

Vaikutuksia tarkastellaan erilaisilla keräysvälineillä. Lasille ja metallille oletettiin joko pienet, 660 litran liikuteltavat pinta-astiat tai isot, 5 m³:n syväkeräyssäiliöt. Kuiduille ja muoveille oletettiin joko pienet, 5 m³:n syväkeräyssäiliöt tai isot, 20 m³:n puristavat kontit. Käytännössä muunkinlaisten keräysvälineiden käyttö on mahdollista. Lähtöoletukset ja -tiedot keräysvälineistä on esitetty taulukossa 10.

Taulukko 10. Keräysvälineiden lähtötiedot (JLY 2012, Kojo 2010 ja puristavan kontin osalta arvio)

Keräysväline	Tilavuus, m ³	Hankintahinta, €	Käyttöikä, vuotta	Annuiteetti 5 %:n korolla, €/a	Pesu, €/a
Pinta-astia, liikuteltava	0,66	200	5	50	50
Syväkeräyssäiliö	5	2 479	12	329	100
Puristava kontti	20	20 000	10	2 981	150

Laskelman mukaan keräyspisteen perustaminen maksaa noin 14 000 euroa, jos keräyspisteessä käytetään pienempiä keräysvälineitä, eli lasille ja metallille 660 litran astioita ja muoveille ja kuiduille 5 m³:n säiliöitä. Kullekin pakkausjätefraktiolle oletettiin kaksi eli yhteensä 8 keräysvälinettä yhdessä keräyspisteessä. Isojen keräysvälineiden tapauksessa kullekin pakkausjätefraktiolle oletettiin yksi astia: 5 m³:n syväkeräyssäiliöt lasille ja metallille ja 20 m³:n puristinkontit kuiduille ja muoveille. Isoille keräysvälineille perustettava piste maksaa 88 000 euroa. Korkea hinta on pääosin seurausta puristavien konttien tarvittavasta lukumäärästä (aina yksi kontti kuljetuksessa ja toinen keräyspisteellä) ja niiden hinnasta. Kojo (2010) arvioi yhden keräyspisteen perustamisen kustannukseksi 11 700–13 7000 euroa, joskin keräys-

välineiden ominaisuuksia ei raportoitu tarkasti. Kojon arvioon sisältyy oletus 30 %:n alennuksesta, kun keräysvälineet hankitaan suurissa erissä.

Keräyspisteiden perustamiseen ja keräysvälineiden valmistukseen ja asentamiseen liittyvät päästöt rajattiin elinkaaritarkastelun ulkopuolelle (ks. luku 2.3). Kokonais-elinkaareissa näiden päästöjen osuus on pieni, merkittävästi alle 10 %, joka annetaan nyrkkisäännöksi jätehuollon elinkaaren aikaisen kokonaisinfrastruktuurin vaikutuksista (Finnveden ym. 2005).

5.2

Keräysvaiheen kuljetusten mallintaminen

Tarkasteltava pohjoinen alue sisältää sekä kaupunkimaista asutusta, alueelle tyypillistä harvaa taajama-asutusta ja etenkin laajoja erittäin harvaanasuttuja alueita. Eri aluetyyppien keräyksen vaikutusten mallintamiseksi pohjoinen alue jaettiin kolmeen erilaiseen vyöhykkeeseen. Pitkän etäisyyden vyöhykkeeseen luettiin kunnat, joissa pakkausjätettä syntyy keräyspistettä kohden alueen keskiarvoa selvästi vähemmän, kun pohjoisen alueen isojen kaupunkien vaikutus on suljettu pois. Näissä kunnissa asukkailla on keskimäärin pidempi matka lähimpään aluekeräyspisteeseen, taajamat sijaitsevat kauempana toisistaan ja siirtokuormien kuljetusetäisyydet ovat pitkiä. Tällaisia reunakuntia ovat Utsjoki, Inari, Sodankylä, Enontekiö, Savukoski, Pelkosenniemi ja Salla. Keskipitkän etäisyyden vyöhykkeeseen laskettiin loput alueen kunnat lukuun ottamatta keskittyneempää kaupunkiasutusta Rovaniemellä, Kemissä, Keminmaalla ja Torniossa. Jälkimmäiset kunnat muodostavat niin kutsutun kaupunkivyöhykkeen, jossa asukkailla on lyhyempi etäisyys aluekeräyspisteeseen, keräyspisteitä on tiheämmin ja siirtokuormia kuljetetaan lyhyemmän matkaa. Lisäksi Tervola valikoitui kaupunkivyöhykkeeseen alhaisesta taajama-asteestaan huolimatta sijaintinsa perusteella: kunnan aluekeräyspiste voidaan tyhjentää ajettaessa Rovaniemeltä kohti rannikkoa. Vyöhykejako on esitetty kuvassa 7.



Kuva 7. Keräysvaiheen vaikutusten mallinnuksessa tehty vyöhykejako

Kunkin vyöhykkeen tarvittavan keräystiheyden ja kokonaiskuljetuskilometrien mallinnus perustuu keräyspisteeseen kertyvään keskimääräiseen jätemäärään ja kunkin jätelajin tilavuuspainoon. Jätelajin tilavuuspaino keräysvälineessä tyhjennysheikellä, ns. astiatilavuuspaino, riippuu jätelajin ominaistilavuuspainosta, keräysvälineen tyyppistä ja koosta sekä keräysvälineen keskimääräisestä täyttöasteesta noutohetkellä (JLY 2012). Pakkausjätelajien astiatilavuuspainoja kerättiin eri lähteistä (Kiviranta 2009, Kojo 2010, Kuusiola 2010, Vares ja Lehtinen 2007a, 2007b, JLY 2012, asiantuntijalausuntot). Tarkasteluun valittiin käytännön kokemuksia vastaavat arvot, kuitenkin siten, ettei oletusarvoiksi otettu pienimpiä esitettyjä arvioita. Oletetut ominaistilavuuspainot keräysvälineissä ja oletetuissa keräysajoneuvoissa on esitetty taulukossa 11.

Taulukko 11. Jätelajien oletustilavuuspainot keräysvälineessä ja ajoneuvossa (koottu eri lähteistä)

Jätelaji	Keräysväline	Tilavuuspaino keräysvälineessä, t/m ³	Ajoneuvo	Tilavuuspaino ajoneuvossa, t/m ³
Lasi	0,66 m ³	0,25	Vaihtolava-ajoneuvo 25 m ³	ei tiivisty
	5 m ³	0,25	Vaihtolava ajoneuvo nosturilla 25 m ³	
Metalli	0,66 m ³	0,12	Vaihtolava-ajoneuvo 25 m ³	ei tiivisty
	5 m ³	0,12	Vaihtolava ajoneuvo nosturilla 25 m ³	
Kuidut	5 m ³	0,04	Vaihtolava-ajoneuvo 25 m ³	0,062
			Pakkaava-auto, 22 m ³	0,15
	20 m ³ , puristava	0,15	Peräkärryllinen lava-auto	0,15 (yht. 60 m ³ eli 3 konttia/ajoneuvo)
Muovi	5 m ³	0,035	Vaihtolava-ajoneuvo 25 m ³	0,047
			Pakkaava-auto, 22 m ³	0,135
	20 m ³ , puristava	0,14	Peräkärryllinen lava-auto	0,14 (yht. 60 m ³ eli 3 konttia/ajoneuvo)

Laaditussa keräysjärjestelmämallinnuksessa optimoidaan keräysvälineiden tyhjenystarve siten, että keräyspisteitä ei tyhennetä ennalta määrättyllä taajuudella, vaan kukin piste tyhennetään vasta kun se täyttyy. Vuotuinen tyhjenystarve määrittyy keräysvälineiden tilavuuden ja täyttöasteen perusteella. Laskennassa otettiin huomioon puristavien konttien ja pakkaavien ajoneuvojen vaikutus tilavuuspainoihin. Mallinnuksessa oletettiin, että keräysvälineet tyhennetään, kun ne ovat 80 prosenttisesti täynnä. Jätteen oletetaan kertyvän tasaisesti kuhunkin keräyspisteeseen. Tyhjenyspaikoille viedään vain täysiä kuormia, ellei esimerkiksi työvuoron päättyminen katkaise keräyskierrosta aiemmin. Yhden keräyskierroksen pituus laskettiin ajoneuvokapasiteettien ja taajamien tai keräyspisteiden välisten etäisyyksien avulla.

Pitkällä ja keskipitkällä vyöhykkeellä kuljetukset ovat pääasiallisesti pitkän matkan maantietäjoa, koska useimpiin alueiden taajamiin keräyspisteitä tulisi valitusta tiheysmallista riippumatta (liite 3) vain muutama. Vain Rovaniemen, Kemin ja Tornion taajama-alueella keräys on tyyppillisempää keräystoimintaa, jossa pysähdytään toistuvasti aluekeräyspisteillä lyhyen katuajon jälkeen. Laskennan pohjana käytetään tieverkon kautta laskettuja keskimääräisiä etäisyyksiä pitkän ja keskipitkän vyöhykkeen taajamien välillä ja kaupunkivyöhykkeellä arviota keskimääräisestä etäisyydestä aluekeräyspisteiden välillä. Vyöhykekohtaiset lähtötiedot on raportoitu taulukossa 12.

Taulukko 12. Vyöhykekohtaiset lähtötiedot

Vyöhyke	Pitkän etäisyyden vyöhyke	Keskipitkän etäisyyden vyöhyke	Kaupunkivyöhyke
Väestöosuus, %	12 %	29 %	59 %
Taajamat, lkm	11	16	19
Keskimääräinen etäisyys taajamien välillä, km (kaupunkivyöhykkeellä etäisyys keräyspisteiden välillä)	65	40	3
Varikko ja tyhjennysajot, km keskimäärin	200	40	5
Pakkausjätteiden kokonaismäärä, tonnia	563	1 316	2 656

Keräysvaiheen ympäristövaikutuslaskennan periaatteet

Keräysajon ympäristövaikutukset lasketaan tyypillisesti polttoaineen kulutuksen kautta siten, että laskennassa otetaan huomioon ajomatkan aikainen kulutus ja keräyspisteiden tyhjennyksen aikainen tyhjäkäynti. Jäteauton tyyppi, täyttöaste ja keskinopeus kullakin ajo-osilla vaikuttavat kulutukseen.

Pohjoisen alueen kohdalla arvioitiin, että aluekeräyksen vaikutukset syntyvät etenkin pitkän ja keskipitkän kuljetusetäisyyden vyöhykkeellä pääosin maantieajosta. Näin mallinnuksen yksinkertaistamiseksi jätettiin tyhjennystyön aikaisen tyhjäkäynnin vaikutukset huomioimatta. Maantieajon polttoaineen kulutus ja päästöt johdettiin VTT:n (2012) LIPASTO-laskentajärjestelmästä eri kuljetusajoneuvoille maantieajossa. Tarkastelussa käytettiin Euro 3 -luokan ajoneuvoja ja keräysvaiheen kuljetusten vaikutukset laskettiin puolitäydellä ajoneuvolla. Nämä kuvaavat jäteautojen keskimääräistä ikää ja vaihtelevaa täyttöastetta keräystyön eri vaiheissa.

Kaupunkivyöhykkeellä aluekeräyksen vaikutusten mallintamisessa käytettiin taa-
jamien välisten etäisyyksien sijaan arviota keräyspisteiden välisestä keskimääräisestä etäisyydestä. Tiheimmän tyhjennystyön tyhjäkäyntivaikutusten arvioitiin tulevan huomioiduiksi, kun päästökertoimenä käytettiin jakeluajossa olevan ajoneuvon polttoaineen kulutusta ja päästöjä alueella, jossa kaupunkiajon osuus on 70 %. Taulukossa 13 on raportoitu käytetyt CO₂-ekv. päästökertoimet ja polttoaineenkulutus erilaisille ajo-osuuksille.

Taulukko 13. Laskennassa käytetty polttoaineenkulutus ja päästökertoimet CO₂-ekvivalenteille (VTT 2012)

Vyöhyke	Ajoneuvo	Massa	Ajo	Kuorma	Polttoaineen kulutus g/km	CO ₂ -ekv, g/km
Pitkäetäisyys/ Keskipitkä- etäisyys	Suuri jakelukuorma- auto	Kokonaismassa 15 t, kantavuus 9 t	Maantieajo	50 %	171	516
Kaupunki- vyöhyke	Suuri jakelukuorma- auto	Kokonaismassa 15 t, kantavuus 9 t	Jakeluajo, maantieajon osuus 30 %	50 %	190	570
Siirto- kuljetukset	Puoliperävaunulla varustetut yhdistelmät	Kokonaismassa 40 t, kantavuus 25 t	Maantieajo	100 %	355	1 058
	Varsinaisella perä- vaunulla varustetut yhdistelmät	Kokonaismassa 60 t, kantavuus 40 t	Maantieajo	100 %	430	1 280

Keräysvaiheen kustannuslaskennan periaatteet

Jätteenkeräyksen aiheuttamien kustannusten arviointiin on olemassa vaihtoehtoisia laskentatapoja. Usein laskenta tehdään tyhjennyskustannusperusteisesti (esim. Kojo 2010, Kuusiola 2010), jolloin kokonaiskustannukset arvioidaan tietyn alueen keskimääräisten keräysvälinekohtaisesti laskettujen tyhjennysmaksujen avulla. Menetelmä vaatii kuitenkin valmista aluekohtaista lähtötietoa ja keräysvaiheen kustannusten erottamista muista jätehuollon kustannuksista, eikä sovi siten tässä käytettäväksi etenkin, kun vaikutukset syntyvät pääosin kuljetuskilometreistä. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää aikaperusteista laskentaa, jolloin kustannukset määritetään keräystyön ajankäyttöön nähden (esim. Kuvaja 2011). Menetelmä soveltuu erityisen hyvin kiinteistökeräyksen kustannusten tarkasteluun. Kolmantena menetelmänä voidaan käyttää kuljetusetäisyyssperusteista laskentaa, jossa kustannukset arvioidaan kokonaiskilometrien ja käytettyjen keskinopeuksien avulla. Jälkimmäinen tapa soveltuu huonosti esimerkiksi kiinteistökohtaisen keräyksen tarkasteluun, mutta etenkin haja-asutusalueilla, joissa kuljetusetäisyyksien osuus kokonaistyöstä on merkittävä, laskentatapa on mahdollinen.

Tässä selvityksessä keräysvaiheen kustannukset arvioitiin kuljetusmatkaperusteisesti. Pitkän ja keskipitkän etäisyyden vyöhykkeillä käytettiin laskennallista keskinopeutta 70 km tunnissa, kaupunkivyöhykkeen vaikutukset arvioitiin 40 kilometrin tuntinopeudella. Tuntihintana käytettiin 85 euroa ja arvioituna tyhjennys- ja taukoker-toimena lukua 1,5. Kertoimen avulla saadaan keräysvälineen tyhjennykseen kuluva aika sisällytettyä kustannuksiin arviona. Eroja erilaisten keräysajoneuvotyyppien hankinta- ja käyttökustannuksissa ei sisällytetty laskelmaan.

Kaikkien jakeiden erilliskeräys

Järjestelmämallinnuksen vaihtoehdoissa 2 ja 3 (luku 2.2) kaikki pakkausjätteet syntypaikkalajitellaan, sijoitetaan omiin keräysvälineisiinsä ja kerätään jokainen jätelaji omaan ajoneuvoonsa. Keräysvaiheen kuljetusten vaikutusten laskenta toteutettiin kahdelle keräysvälinekokoluokalle, pienille ja isoille (ks. luku 5.1). Keräysautona käytettiin kullekin keräysvälinetyypille soveltuvaa ajoneuvoa (taulukko 11). Tulokset tuotettiin seuraaville vaihtoehdoille:

A. pienet keräysvälineet

- lasi ja metalli: 660 litran liikuteltavat astiat
- kuidut ja muovi: 5 m³:n syväkeräyssäiliöt
- keräysajoneuvona 25 m³:n vaihtolava-ajoneuvot

B. pienet keräysvälineet (kuten A:ssa), mutta pakkaava jäteauto muoville ja kuiduille

C. isot keräysvälineet

- lasi ja metalli: 5 m³:n syväkeräysastiat
- kuidut ja muovi: 20 m³:n puristinkontit
- keräysajoneuvona 25 m³:n vaihtolava-ajoneuvot nosturilla lasille ja metallille
- keräysajoneuvona peräkärryllinen lava-auto kolmelle kontille

Keräysmallinnusten A-C vyöhykekohtaiset ympäristövaikutukset ja kustannukset raportoidaan luvussa 7, jossa esitetään keräysjärjestelmämallinnusta koskevat tulokset.

Muovin ja kuitujen kerääminen sekajätteen seassa

Tarkasteltavassa vaihtoehdossa 1 (luku 2.2) muovi- ja kuitupakkausjätteet kulkevat muun sekajätteen mukana polttoon. Nykyiseen sekajätteen keräysjärjestelmään ei synny tässä vaihtoehdossa merkittävää muutosta, kun painoprosentteina sekajätteen määrä lisääntyy nykyisestä alle 1 %:n. Lisäys syntyy, kun nykyisin erilliskerättävät kuitupakkaukset ja vähäisissä määrin myös muovipakkaukset päätyvät sekajätteeseen. Kun mallinnusasetelmana on kuitenkin vertailu pakkausjätteen eri keräysvaihtoehtojen välillä, tulisi sekä erilliskeräysvaihtoehdosta että sekajätteen seassa keräyksestä aiheutuvat päästöt ja kustannukset ottaa huomioon tasavertaisesti. Käytännössä muovin ja kuitujen keräämiselle allokoituu osa sekajätteen keräyksen päästöistä ja kustannuksista. Yhteiskunnallisella tasolla näiden päästöjen ja kustannusten huomioiminen on kuitenkin haastavaa, koska sekajäte kerätään määrättyllä taajuudella riippumatta siitä kulkeeko jätevirran mukana muovia ja kuituja. Näin ollen allokoitavan valinta ei ole yksiselitteistä.

Tarkastelussa päädyttiin siihen yksinkertaistukseen, ettei allokoitua tehdä. Tuloksia esitettäessä muovin ja kuitujen keräykselle sekajätteen seassa käytetään keräysvaikutusta, joka on maksimissaan sama kuin aluekeräysvaihtoehdossa. Tyypillisessä elinkaaritarkastelussa sekajätteen keräyksen tonnikohtaiset päästöt ja kustannukset ovat pienemmät kuin aluekeräyksellä kerättävillä jätefraktioilla (esim. Kiviranta 2009, Eisted 2009). Keräys- ja kuljetusvaikutusten epätarkkuus vääristää muovin ja kuitujen polttoketjun tulosta jonkin verran, mutta epävarmuus pyritään aina indikoimaan tuloksia esitettäessä.

Muut kuljetukset

Jäteaseman tai lopullisen hyödyntämiskohteen sijaitessa kaukana keräysalueesta siirtokuormauksen käyttö on kannattavaa. Pohjoisella alueella on useita jäte- tai siirtokuormausasemia, joissa jätelajit voidaan olettaa varastoitavan ennen keskitettyä kuljetusta Ouluun. Muovi kuljetetaan kuitenkin Tornioon silloin, kun sitä ei polteta (vaihtoehto 2). Käytetyt siirtokuljetusoletukset on esitetty liitteessä 4. Siirtoajon päästöt laskettiin maantieajossa olevalle puoliperävaunulliselle rekalle, jonka ominaispaino on 40 tonnia ja kuorma 25 tonnia (taulukko 13). Kuljetustilavuudeksi oletettiin 90 m³.

Oulusta ja Tornioista jätteet oletettiin kuljetettavan hyödyntämiskohteisiin täysperävaunullisella rekalla, jonka ominaispaino on 60 tonnia ja kuorma 40 tonnia (taulukko 13). Tilavuudeksi oletettiin 135 m³. Jätelajien puristettuja tilavuuspainoja hyödyntämällä laskettiin tarvittavat vuotuiset kuormat ja kokonaiskuljetuskilometrien perusteella päästöt ja kustannukset. Tuntikohtaisena kuljetuskustannusarviona käytettiin 85 euroa, joka ei tosin ota huomioon eroa erilaisten kuljetusajoneuvojen hankinta- ja käyttökustannuksissa. Tauko- ja tyhjennyskertoimena käytettiin lukua 1,15. Kuormien lukumäärät ja käytetyt etäisyydet oletettuun kohteeseen on raportoitu liitteessä 4. Siirtokuormauksen vaikutukset laskettiin vain yhdensuuntaisesti, eli tulos olettaa, että ajoneuvot eivät aja paluuaajoja tyhjällä lastilla, vaan logistinen järjestelmä toimii tehokkaasti. Jätetonnikohtaiset vaikutukset on raportoitu taulukossa 15.

Valtaosa, 65–90 %, siirtokuljetusten vaikutuksista syntyy vaiheessa, jossa jätteet kuljetetaan lopulliseen hyödyntämiskohteeseen. Vaikutukset ovat isoimmat muovilla ja kuiduilla lähinnä alhaisen tilavuuspainon, mutta muovilla myös pitkän etäisyyden

takia. Metallin kuljetusvaikutuksia suhteessa muihin pakkausjätefraktioihin nostaa niin ikään pitkä kuljetusmatka. Keräysvyöhykkeiltä Ouluun tai Tornioon lähtevien siirtokuormien osuus kokonaisvaikutuksista on pienempi, 10–35 %, mutta toisaalta ensimmäisen vaiheen siirtokuormauksella on iso merkitys keräysvaiheen kokonaisvaikutuksiin. Keräyksen vaikutukset kasvaisivat merkittävästi, jos jätteitä ei siirrettäisi isompiin kuljetuseriin, vaan ne kuljetettaisiin suoraan kauemmas odottamaan kuljetusta lopulliseen hyödyntämiskohteeseen. Siirtokuormauksen vaikutukset ovat luonnollisesti suurimmat pitkän etäisyyden vyöhykkeellä, josta on pisin kuljetusmatka Ouluun ja Tornioon.

Taulukko 15. Siirtokuljetusten aiheuttamat ympäristövaikutukset ja kustannukset

Jätelaji	Päästöt, kg CO ₂ -ekv./jätetonni	Mineraalisten luonnonvarojen ehtyminen, kg Fe-ekv./jätetonni	Fossiilisten luonnonvarojen ehtyminen, kg öljy-ekv./jätetonni	Kustannukset, €/jätetonni
Lasi	32	0,1	13	40
Metalli	136*	0,2	33	90
Kuidut	50	0,1	21	60
Muovi	208*	0,3	44	120

*Merikuljetusten osuus 40 % metallille ja 50 % muoville. Merikuljetusten kustannusvaikutusta ei arvioitu.

6 Pakkausjätteiden hyödyntäminen ja korvaavuusoletukset

Selvityksessä osoitetaan, kuinka suuri merkitys pakkausjätteen keräysjärjestelmällä on haja-asutusalueilla kerätyn pakkausjätteen elinkaaren kokonaistarkastelussa. Tätä tarkoitusta varten selvityksessä mallinnettiin hyödyntämis- ja hyvitysoletukset kerätyille pakkausjätteille.

Pakkausjätteitä voidaan keräysvaihtoehdosta ja jätefraktiosta riippuen hyödyntää joko aineena tai energiana. Tarkastelussa valittiin alueellinen näkökulma eli hyödyntämisprosessit valittiin olemassa olevista vaihtoehdoista sen mukaisesti, mikä on joko jo käytössä oleva tai todennäköinen hyödyntämiskohde pohjoiselta alueelta kerätyille pakkausjätteelle. Samoin laadittiin oletukset todennäköisimmin korvattavista raaka-aineista ja prosesseista, kun pakkausjäte kierrätetään uusiotuotteiksi tai poltetaan energiaksi.

Seuraavissa luvuissa on kuvattu pakkausjätefraktioittain tarkasteluun valitut hyödyntämisprosessit ja hyvitykset, joita potentiaalisesti syntyy, kun jäteperäisistä raaka-aineista tuotetut lopputuotteet ja energia korvaavat neitseellisiin raaka-aineisiin ja fossiiliseen energiantuotantoon perustuvia prosesseja.

6.1

Lasipakkausjätteen kierrättäminen vaahtolasiksi

Koko Suomessa kunnallisista lasinkeräyspisteistä kerättävästä lasista päättyy tällä hetkellä osa kierrätykseen ja osa käytetään maanrakentamiseen esimerkiksi kaatopaikkojen pintarakenteissa. Kierrätettävä lasijäte murskataan, puhdistetaan ja lajitellaan värin mukaan. 70 % lasimurskasta viedään Suomen ulkopuolelle, lähinnä EU-maihin uusiolasin valmistukseen. Suomessa uusiolasia ei tällä hetkellä valmisteta. 20 % lasimurskasta käytetään lasivillan valmistukseen Suomessa ja loput 10 % vaahtolasin valmistukseen.

Pohjoisen alueen erilliskerätty lasia on tähän asti käytetty pääosin kaatopaikkojen rakenteisiin. Oulusta lasia on kuitenkin kuljetettu Forssaan käsiteltäväksi. Tässä tarkastelussa tehdään oletus, että kaikki pohjoisen alueen erilliskerättävä lasi kuljetetaan Oulun kautta Forssaan, josta se päättyy vaahtolasin raaka-aineeksi. Vaahtolasin valmistus on Suomessa uudehko hyödyntämistapa keräyslasille. Valmistajan mukaan vaahtolasi on eriste- ja kevennysmateriaali, joka soveltuu käytettäväksi maarakenteiden kevennysmateriaalina sekä routaeristeenä samoin kuin kaikkien rakennusten lämpöeristeenä (Foamit Oy 2012). Valintaa hyödyntämiskohteeksi perustellaan vaahtolasin valmistuksen vajaalla kapasiteetilla sekä prosessin joustavuudella uusioraaka-aineen lajin ja puhtauden suhteen. Valmistukseen soveltuu lähes kaikki

keräys- ja jätelasi, muun muassa lajittelematon pakkauslasi. Vertailun vuoksi raportoidaan myös lasivillan ja uusiolasin valmistuksen päästöt.

Vaahtolasista voidaan valmistaa erimuotoisia ja kokoisia tuotteita; tässä tarkasteluun on valittu vaahtolasimurske, joka korvaa kevytsoraa. Yhdestä syötetonnista eli kerätystä lasitonni saadaan noin 5 m³ vaahtolasia, jolla voidaan korvata 5 m³ kevytsoraa (Foamit Oy 2012). Kevytsoran korvaaminen routaeristeenä tienrakennuskäytössä on yksi esimerkki (Pettersson 2004). Vaahtolasin valmistajan, kevytsoran valmistuksen (Lecasora) ympäristöluvan (Kaakkois-Suomen ympäristökeskus 2004) ja Ritolan ja Vareksen (2008) raportoin mukaan laskettiin, että korvaamalla kevytsoraa vaahtolasilla voidaan säästää arviolta noin 575 kg CO₂-ekv. päästöjä kerätyltä lasitonnilta. Luku on vain suuntaa antava, koska tarkkaa laskentaa varten vaahtolasille olisi määritettävä käyttökohde ja sen mukaisesti toiminnallinen yksikkö, jota kohden vaikutukset ilmoitetaan. Esimerkiksi Pettersson (2004) raportoi vältetyt päästöt vaahtolasin käytöstä valmistaa tiekilometriä kohden. Petterssonin (2004) tulosten palauttaminen tässä selvityksessä hyödynnettävissä olevaan muotoon ei ollut mahdollista, joten voidaan todeta, että tienrakennuskäytössä vaahtolasin kasvihuonekaasupäästöt ovat vain noin kolmasosa kevytsoran käytön päästöistä.

Vertailun vuoksi voidaan ilmastonmuutosvaikutuksen tulokset tuottaa myös perinteisemmille keräyslasin hyödyntämiskohteille, lasivillalle ja uusiolasin valmistukselle. Kerätyistä lasipakkauksista murskattua lasimurskaa käytetään lasivillan ja uusiolasin valmistuksessa korvaamassa luonnon raaka-aineista valmistettavaa soodaliasia. Uusiolasia ei kuitenkaan tällä hetkellä valmisteta Suomessa, vaan käsitelty keräyslasi kuljetetaan ulkomaille. Lasivillan valmistuksen tuottamiksi nettohyvityksiksi on laskettu -330 kg CO₂-ekv. johtaen Vareksen ja Lehtisen (2007) laskelmista. Tarkastelu koskee tilannetta, jossa lasivillan raaka-aineena käytetään 72 prosenttisesti kierrätyslasia, joskin korvausaste on mahdollista nostaa 80 prosenttiin saakka. Uusiolasin valmistuksen vältetyiksi päästöiksi kerättyä lasitonni kohden on laskettu -450 kg CO₂-ekv. (Dahlbo ym. 2011). Luku on samaa suuruusluokkaa kuin Larsenin ym. (2009) raportoina -505 – -416 kg CO₂-ekv./lasijätetonne.

Luonnonvarojen käyttöä arvioitiin tapauksessa, jossa keräyslasi kierrätetään vaahtolasiksi korvaamaan kevytsoraa. Kevytsoran valmistuksen luonnonvarojen kulutus johdettiin Ecoinvent-tietokannasta (Swiss Centre for Life Cycle Inventories 2012). Vaahtolasin valmistuksen energiankäyttö saatiin valmistajalta (Foamit Oy) ja energiana käytettävän nestekaasun valmistuksen luonnonvarojen kulutus tietokannasta. Korvattaessa kevytsoraa 1:1 voidaan hidastaa sekä mineraalisten että fossiilisten luonnonvarojen ehtymistä (MD- ja FD-vaikutusluokat: -2 kg Fe-ekv./keräyslasitonni ja -50 kg öljy-ekv./keräyslasitonni). Merkittävimmät säästöt syntyvät kuitenkin maa-ainesten käytössä, kun vältetään kevytsoran valmistuksessa tarvittavan saven ottoa (-1105 kg maa-ainesta/keräyslasitonni). Vaahtolasin valmistuksen luonnonvaravaikutukset ovat vähäiset ja liittyvät energiana käytettävän nestekaasun valmistukseen.

Kustannusvertailua kierrätyslasin käytöstä on jokseenkin hankala laatia ilman käytettävissä olevia tuotantokustannustietoja. Lisäksi etenkin vaahtolasille tulisi määrittää tarkka toiminnallinen yksikkö valitun käyttökohteen perusteella. Suuntaa-antavana arviona vaahtolasiksi kierrätettäessä voidaan käyttää vaahtolasin ja kevytsoran (Leca-sora) arvonnäköverottomista myyntihinnoista johdettuja tuotantokustannuksia. Arviona keskimääräisestä katteesta käytetään 15 %, jolloin säästöksi arvioidaan noin 275 euroa kerättyä lasijätetonna kohden. Säästö saattaa olla liioiteltu, koska laskelmassa ei pystytty ottamaan huomioon kierrätyslasille vielä vallalla olevan porttihinnan vaikutusta kierrätyslasituotteiden tuotannon kannattavuuteen. Porttihinnalla tarkoitetaan maksua, jonka jätefraktion vastaanottaja saa vastaanottaessaan jätteen ja sillä saatetaan osittain kattaa tuotantokustannuksia.

Metallipakkausjätteen kierrättäminen uusiometalliksi

Suomessa syntyy vuodessa arviolta 46 000 tonnia metallipakkausjätettä, josta kierrätettiin vuonna 2009 83 %, tosin osuus pitää sisällään myös pantillisten alumiinipakkausten kierrätyksen, eikä sisällä alle miljoonan euron liikevaihdon yrityksiä (Mepak Oy). Kotitalouksilta kerättävät metallipakkaukset ovat pääosin tinapellistä eli tinatusta teräksestä tai alumiinista valmistettuja säilyketölkkejä, aerosolipakkauksia, sulkimia tai vuokia. Kuusiolan (2001) raporttoiman mukaan tinatun teräksen osuus on 80 % ja alumiinin vajaa 20 %. Muun metallin osuus metallipakkauksissa on hyvin pieni, alle 0,5 %.

Alumiinipakkausromu sulatetaan uusioraaka-aineeksi juomatölkkeihin tai muihin alumiinituotteisiin joko kotimaassa tai ulkomailla. Tinatut teräspakkaukset viedään murskattuina ulkomaille, muun muassa Saksaan, Etelä-Eurooppaan ja Turkkiin, jossa ne sulatetaan teräksen valmistuksen raaka-aineeksi. Suomalaiset terästehtaat eivät ota korkeiden laatuvaatimusten takia vastaan tinapitoista terästä, koska tina aiheuttaa jo pieninä pitoisuuksina teknisiä ongelmia. Ulkomailla, etenkin Euroopan ulkopuolella, kierrätetyn teräksen tinapitoisuutta voidaan alentaa hyödyntämisprosessista riippuen. Metallipakkausten hyödyntämisen yksityiskohtia on käsitellyt Kuusiola (2010), ja tässä käytetään hänen raporttoimiaan kasvihuonekaasujen päästömääriä.

Tarkastelussa oletetaan Kuusiolaa (2010) seuraten, että kerätty ja muusta metallipakkausvirrasta eroteltu alumiinijäte kierrätetään alumiiniharkoiksi, jolloin korvataan malmipohjaista alumiinin tuotantoa. Ilmastonmuutosvaikutus on tällöin -9300 kg CO₂-ekv. alumiinitonnilta. Tinattu teräs käytetään teräskelan raaka-aineena romutuotantoon perustuvassa, EAF-prosessissa. Prosessilla oletetaan korvattavan teräksen malmipohjaista BOF-tuotantoa, jossa romuraudan osuus on tässä oletettu yhdeksäksi prosentiksi. Kuusiolaa (2010) seuraten kierrätysteräksen tinapitoisuuden alentamisen vaikutuksia ei tarkastella. Tällöin, kierrättämällä metallipakkaukset teräkseksi säästetään nettomääräisesti noin 1600 kg CO₂-ekvivalenttia tinattua terästonnia kohden. Tulokset poikkeavat esimerkiksi Damgaardin ym. (2009) raporttoimista luvuista, joiden mukaan vältetyt päästöt voivat olla vielä suuremmat kuin Kuusiolan (2010) lähtötietoihin nojaavissa laskelmissa.

Metallin kierrätyksellä vähennetään merkittävästi sekä MD- että FD-vaikutuksia (-700 kg Fe-ekv./keräysmetallitonni ja -600 kg öljy-ekv./keräysmetallitonni). Luonnonvaravaikutukset laskettiin Ecoinvent-tietokannassa raportoiduista tiedoista (Swiss Centre for Life Cycle Inventories 2012). Alumiinia kierrättämällä vältetään etenkin bauksiitin ja hiilen louhintaa, tinapeltiä kierrättämällä raudan ja hiilen louhintaa. Uusioalumiinin valmistukseen kuluu kuitenkin sinkkiä, minkä takia uusioalumiinin tuotanto tuottaa MD-vaikutuksia enemmän kuin alumiinin valmistus bauksiitista (nettomääräisesti 60 kg Fe-ekv./keräysmetallitonni). FD-vaikutuksissa saadaan kuitenkin merkittäviä säästöjä, -1600 kg öljy-ekv./keräysmetallitonni. Teräksen valmistusta välttämällä vähennetään MD-vaikutuksia 900 kg Fe-ekv. kerättyä metallitonnia kohden ja FD-vaikutuksia 350 kg öljy-ekv.

Alumiinin ja teräksen valmistuksen primääri- ja sekundääriprosessien kustannuksista ei saatu selvitystä varten tarkkaa, luotettavaa tietoa. Keräystoiminnan laajuudesta voidaan päätellä, että metallijätteen keräys on toimijalle kannattavaa, mikä heijastaa neitseellisen metallin kalliita tuotantokustannuksia. Laskennassa käytettiin suuntaa-antavana arviona tinatun teräksen hyödyntämisen osalta brittiläisen rauta- ja terästeollisuus portaalin (Steelonthenet 2012a ja b) keskiarvoisia esimerkkilukuja ja alumiinin osalta Luon ja Sorion (2008) raporttoimaa sekä useita eri verkkolähteitä. Viitteellisinä arvioina käytetään kustannussäästönä noin 900 euroa alumiinitonnilta ja noin 20 euroa terästonnilta. Lukujen suuruusluokasta ei saatu asiantuntijavahvistusta.

Kuitupakkausjätteen kierrättäminen hylsykartongiksi

Suomen Kuitukierrätys Oy:n mukaan Suomessa tuotetaan 300 000 tonnia kuitupakkauskuitua, joista 80 % kerätään talteen kierrätystä varten. Kaksi kolmasosaa on teollisuudesta ja kaupoilta tulevaa puhdasta pahvia ja kartonkia. Kuluttajapakkauskuitua valmistetaan vuosittain 100 000 tonnia, josta kerätään noin 40 000 tonnia. Tästä määrästä noin 16 000 tonnia käytetään Porissa Corenson tehtaalla hylsykartongin valmistukseen. 24 000 tonnia kuljetetaan Ruotsiin Fiskebyn tehtaalle erilaisten pakkauskartonkien valmistukseen. Uudempana hyödyntäjänä Suomessa on Kotkamills Oy, joka valmistaa aaltopahvista teknistä laminaattipaperia (esim. Absorbex Eco). Keräyskartonkia prosessissa ei ole vielä käytetty merkittävästi, mutta käyttö on tulevaisuudessa mahdollista.

Hyödyntämis- ja hyvitysprosessien löytäminen kerätyille kuitupakkauksille ei ole itsestäänselvyys. Uusioraaka-aineesta valmistettujen kuluttajapakkausten voitaisiin ainakin teoriassa olettaa korvaavan jossain määrin metallisia tai lasisia juomapakkauskuitua; tosin elintarvikelainsäädäntö asettaa rajoituksia tällaiselle kierrätysmahdollisuudelle. Vertailu voitaisiin tehdä myös aaltopahvista ja neitseellisestä kuidusta valmistettavan laminaattipaperin välillä. Tässä selvityksessä päädyttiin kuitenkin saatavilla olevan lähtötiedon pohjalta olettamaan hyödyntämisprosessiksi hylsykartongin valmistus. Hyvityksen valinnassa haasteen aiheuttaa se, että hylsykartonkia ei todennäköisesti valmistettaisi neitseellisestä kuidusta, jos kierrätyskuitua ei olisi saatavilla. Paremman tiedon puuttuessa korvaavuus laskettiin kuitenkin aallotetun kartongin, flutingin, valmistukseen nähden. Stora Enso valmistaa flutingia neitseellisestä kuidusta ja sitä voidaan käyttää kestävien rakenteiden aikaansaamiseksi esimerkiksi kuljetuspakkausuihin. Teoriassa flutingia voitaisiin käyttää myös hylsykartongin valmistuksen raaka-aineena, jos kierrätyskuitua ei olisi saatavilla. Näin ei kuitenkaan käytännössä ole jouduttu tekemään.

Stora Ensolta saatujen tietojen perusteella laskettuna koko tuotantoketjun tuotamat vältetyt päästöt ovat nettomääräisinä noin 570 kg CO₂-ekv./tonni kuitupakkausjätettä, kun otetaan huomioon kerätyn kuitupakkausjätteen paalaus ja esikäsittely raaka-aineeksi korvaamaan flutingin valmistusta (Koskela ym. 2012). Samoista lähtötiedoista voidaan johtaa luonnonvarojen käytön vaikutukset. Keräyskuitujen käsittelyssä ei kulu merkittävästi luonnonvaroja, jolloin säästetään neitseellisen kuidun eli flutingin valmistuksessa puun ja energialähteissä etenkin turpeen käyttöä, mutta myös jonkin verran kivihiiltä ja öljyä. Puuta säästetään nettomääräisesti -780 kg/keräyskuitutonni. FD-vaikutusluokassa hidastetaan fossiilisten luonnonvarojen ehtymistä -140 kg öljy-ekv./keräyskuitutonni.

Kustannusarviota kuitujen hyödyntämisestä ei ole mahdollista antaa, koska lähtötietoa ei saatu kustannustiedon liiketaloudellisen luonteen vuoksi.

Muovipakkausjätteen kierrättäminen uusiomuoviksi

Kotitalouksien pakkausmuovia kerätään Suomessa muita pakkausjätefraktioita merkittävästi vähemmän. Kuluttajia palvelevia aluekeräyspisteitä muoville on reilut 400 pistettä, joka on alle 10 prosenttia lasin ja metallin keräyspisteiden lukumäärästä. Muovin keräys on ollut alueellisesti keskittynyttä, osin koeluonteista, ja valtaosa kerätyistä kotitalousmuovista on prosessoitu jäteperäiseksi polttoaineeksi. Kierrätykseen päätyviä jakeita kerätään 250 pisteessä, joskin näihin vastaanottopisteisiin tulee pääsääntöisesti esimerkiksi kaupan tasalaatuista pakkausmuovia.

Tunnettu ongelma Suomessa ja kansainvälisestikin on kotitalouksilta peräisin olevan muovijätteen likaisuus ja sekalaisuus, minkä takia kuluttajamuovipakkaukset ovat kierrätyksen kannalta haasteellisimmat pakkausjätteet. Kovien kuluttajamuovien kierrättäminen on jo yleisempää ja haasteista huolimatta myös pehmeiden kalvojen kierrättämisen vaihtoehtoja kartoitetaan (WRAP 2009, 2011). Suomessa vallitseva näkemys on, että muovin kierrättäminen laadukkaiksi uusiomuovituotteiksi korvaamaan neitseellistä muovia vaatii jäteperäiseltä raaka-aineelta puhtautta ja homogeenisuutta. Olemassa olevia suomalaisia, kannattavia kierrätysvaihtoehtoja onkin lähinnä tasalaatuiselle teollisuuden ja kaupan muovipakkausjätteelle (Merta ym. 2012). Näille jakeille kierrättämisen on todettu olevan paras vaihtoehto elinkaari-pohjaisesti tarkasteltaessa (esim. Myllymaa ym. 2008a).

Kotitalousmuovin kierrättämisen tarkastelemisen elinkaari-pohjaisesti tekee haastavaksi kierrätyksen osittainen keskittyminen Aasiaan, jolloin kierrätysprosesseista ei ole välttämättä saatavilla luotettavaa lähtötietoa. Niin ikään korvattavien lopputuotteiden ja niihin käytettyjen raaka-aineiden identifioiminen on haastavaa. (Christensen ym. 2007.) Kotitalousmuovin hyödyntämisestä on kuitenkin tehty useita elinkaariarvioita. Lazarevic ym. (2010) referoivat 10 elinkaaritarkastelua ja 37 erilaista skenaariota. Skenaarioiden vertailussa muovin kierrättäminen mekaanisesti neitseellisen muovin korvikkeeksi on ilmastomuutosvaikutuksen kannalta järkevämpää kuin muovin energiahyödyntäminen 80 prosentissa tarkastelluista skenaarioista. Kierrätyksen edullisuus pätee myös energian käyttöä ja elottomien luonnonvarojen ehtymispotentiaalia tarkasteltaessa. Muissa ympäristövaikutusluokissa kierrätyksen asettaminen energiahyödyntämisen edelle ei ole kuitenkaan yhtä selvää.

Potentiaalisesti merkityksellisiä tekijöitä, joita ei kuitenkaan ole otettu perusteellisesti huomioon elinkaariarvioinneissa, ovat kuluttajamuovijätteen likaisuusaste ja oletettu korvaussuhde neitseelliseen muoviin nähden (Lazarevic ym. 2010). Kun muovijätteen sisältämän orgaanisten jäämien määrä (mitattuna kemiallisella hapenkulutuksella, COD) kasvaa, muovijätteen kierrätyksen edut energiahyödyntämiseen nähden vähenevät. Korvaussuhdetta tarkasteltaessa kierrätyksen edullisuus säilyy, jos voidaan olettaa, että uusiomuovi korvaa neitseellistä muovia vähintään suhteessa 0,5:1. Jos korvaavuus on tätä alhaisempi, on energiahyödyntäminen useimmissa ympäristövaikutusluokissa kannattavampaa. Ilmastomuutosvaikutuksen suhteen eri tutkimukset ovat ristiriitaisia alhaisen korvaussuhteen tapauksessa, luonnonvarojen ehtymistä tarkasteltaessa kierrättäminen on lähes aina kannattavampaa, joskin jälkimmäistä vaikutusta tarkastelevien tutkimusten joukko on pieni. (Lazarevic ym. 2010.) Merrild ym. (2012) korostavat lisäksi energiahyödyntämisessä tehtävien korvausoletusten roolia muovijätteen kierrätyksen kannattavuutta arvioitaessa. Tapauskohtaisesti, erilliskerätyn sekalaisen kotitalousmuovin polttaminen sekajätteen seassa voi olla ilmastomuutosvaikutuksen kannalta kannattavampaa, jos voidaan olettaa riittävän suuri päästökerroin korvattavalle energiantuotannolle.

Ruotsissa tuottajavastuujärjestelmän kautta kerättyjä kotitalouksien sekalaisia kovamuoveja on erilliskerätty kierrätystä varten jo pitkään ja hankalammin kierrätettävissä olevia pehmeitäkin muoveja vuodesta 2008. Puolet kerätystä muovipakkausjätteestä käsitellään Swerac Ab:n mekaanisella lajitteluprosessilla, jonka jälkeen granuloitu muovi toimitetaan edelleen keskieuropalaisille kierrätyslaitoksille jälleenmyytäväksi. (Merta ym. 2012.) Myös Suomesta on harkittu kotitalouksien pakkausmuovin käsittelyä Swerac Ab:n laitoksella Etelä-Ruotsin Lannassa. Loput Ruotsissa erilliskerätystä pakkausmuovista viedään suoraan muualle lajiteltavaksi, esimerkiksi suoraan Keski-Eurooppaan. Olettavaa on, että varsinainen kierrätys keskittyy pääosin Aasiaan, jossa uusiomuovista valmistetaan esimerkiksi erilaisia pusseja ja säkkejä. Norjassa muovin kierrätysketju noudattaa ruotsalaista mallia.

Ruotsissa ja Norjassa vallalla olevasta kierrätysketjusta voidaan tehdä joitakin laskelmia. Lyng ja Modahl (2011) ovat Norjassa tutkineet nimenomaan sekalaisen koti-

talousmuovin kierrätystä, jossa muovi kuljetetaan Saksaan lajiteltavaksi infrapunakijalla kuuteen eri tyyppiin. Osa muovista päätyy kierrätettäväksi suoraan Saksassa, osa kuljetetaan Kiinaan. Lajittelun, kuljetusten ja kierrätyksen päästöiksi on arvioitu 1 400 kg CO₂-ekv./muovijätetonne, kun mukaan on luettu kierrätyskelvottoman osan energiahyödyntämisen päästöt. Hieman yksinkertaistaen tarkastelussa oletetaan, että kierrätyskelvottomalla osalla on muovin lämpöarvo ja päästökerroin. Kierrätykseen kelpaamatonta muovia syntyy elinkaariketjussa ensin lajittelussa noin 20 m-% ja toiset 20 m-% materiaalihyödyntämisessä, jolloin alkuperäisestä kerätystä määrästä jäljelle jäävän 64 prosentin oletetaan korvaavan neitseellisen muovin tuotantoa. Ruotsissa lajitteluvaiheessa erotellun kierrätykseen kelpaamattoman muovin osuudeksi on raportoitu 12 % (Carlsson 2011). Lyngin ja Modahlin (2011) tutkimuksessa hyvitysvai-
kutusten suuruudeksi on laskettu -2 400 kg CO₂-ekv. muovijätetonnilta, kun mukaan luetaan kierrätykseen kelpaamattoman 36 prosentin hyödyntäminen energiana. Jos alkuperäisestä kerätystä muovijätteestä saadaan korvaavaa raaka-ainetta vain 56 prosenttia (hävikki lajittelussa 20 m-% + kierrätyksessä 30 m-%), vähenevät päästö-
hyvitykset 20 prosentilla, mutta ovat nettomääräisesti silti merkittävät.

Astrup ym. (2009) puolestaan ovat arvioineet kirjallisuuslähteiden avulla, että toiseksi tyypillisimmän muovipakkauslajin, HDPE-muovijätteen, prosessoiminen granulaatiksi aiheuttaa päästöjä arviolta 94–358 kg CO₂-ekv. muovijätetonnilta riippuen käsittelyprosessin energiankulutuksesta. Neitseellisen HDPE-granulaatin tuottamisen päästöiksi on arvioitu 1 082–1 626 kg CO₂-ekv. muovitonnilta, mutta luvut eivät sisällä öljyn ja maakaasun louhinnan päästöjä. Jos hyvitysoletus voidaan tehdä suhteessa neitseelliseen muoviin, ovat vältetyt päästöt kuitenkin merkittävät. Likaista ja sekalaatuista muovia voidaan myös kierrättää, vaikka uusiomuovi ei korvaisikaan neitseellisesti valmistettua muovia. Esimerkiksi muovikomposiitteja voidaan käyttää esimerkiksi aitojen, terassilautojen ja puutarhahuonekalujen sekä kuormalavojen valmistuksessa korvaamassa puuta tai betonia. Näiden komposiit-
tituotteiden ongelmana jätehuollon kannalta on se, etteivät ne oman käyttöikänsä päässä enää seosrakenteensa takia sovellu kierrätykseen. Astrup ym. (2009) ovat arvioineet korvattavan puisen raaka-aineen prosessoinnin päästöiksi 60–111 kg CO₂-
ekv./muovijätetonne, kun korvaussuhde on 1:1. Näin ollen, jos korvaus lasketaan puuraaka-aineeseen nähden, muovin kierrätyksestä ei synny ilmastomuutosvai-
kutuluokassa hyvityksiä ellei tarkasteluketjua jatketa pidemmälle, eli laadita käyt-
tämättä jäävälle puulle edelleen korvausoletusta. Luonnonvarojen käytön kannalta säästetään tietenkin puuta.

Suomessa ei ole tällä hetkellä olemassa lajittelua tai kierrättäjiä sekalaiselle ko-
titalousmuoville. Tilanne saattaa kuitenkin muuttua, jos kierrätystavoitteiden saa-
vuttamiseksi myös muovipakkausjätteet halutaan ohjata kierrätykseen. Esimerkiksi Ekokem Oy Ab ja Turun Seudun Jätehuolto Oy suunnittelevat parhaillaan muovien erottelu- ja jatkojalostusyksikköä, joka voisi toimia osana valtakunnallista kulut-
tajamuovipakkausten hyödyntämisketjua (TSJ 2012). Ilman kotimaisia kierrättäjiä muovipakkausjätteen hyödyntämisketju ottaisi tällöin Ruotsin esimerkin mukaisen mallin, jossa ainakin osa jätteestä lajitellaan kotimaassa ja varsinainen kierrätys kes-
kittyy toisaalle. Tätä esimerkkiä noudattaen voidaan edellä mainittujen tutkimusten ja tietokantatiedon pohjalta antaa joitakin suuntaa-antavia arvioita muovin hyödyn-
tämisen globaaleista ympäristövaikutuksista.

Ilmastomuutosvaikutuksen laskennassa käytetään tässä yhteydessä Lyngin ja Mo-
dahlin (2011) arviota, joka pitää sisällään kuljetukset Norjasta Saksaan ja edelleen Saksasta Kauko-Itään. Tekninen korvaussuhde neitseelliseen muoviin nähden on 1:1, mutta alkuperäisestä kerätystä muovitonnilta hyödyntämiskelpoista on vain 64 m-%. Muovin kierrätyksen nettohyvitys on tällöin -1 000 kg CO₂/muovijätetonne, kun keräysvaiheen päästöjä ei ole laskettu mukaan. Mahdollisten orgaanisten sisäl-
töjäämien vaikutus on osittain sisällytetty 64 prosentin kierrätettävyysoletukseen ja

pesun käyttämään energiaan, mutta kemiallisen hapen kulutuksen (COD) vaikutusta pesuveden puhdistusprosessissa ei ole pystytty huomioimaan.

Pakkausmuovijätteen hyödyntämisen vaikutukset luonnonvarojen kannalta laskettiin Ecoinvent-tietokantatietoon perustuen (Swiss Centre for Life Cycle Studies 2012). Oletuksina korvaavuusasteesta, 64 m-% alkuperäisestä kerätystä määrästä, ja korvattavista muovilajeista käytetään Lyngin ja Modahlin (2011) tutkimuksessa raportoitua. Laskennassa otetaan huomioon myös rejektin energiahyödyntämisen tuottamat hyvitykset Keski-Euroopassa. Ainoat merkittävät vaikutukset syntyvät fossiilisten luonnonvarojen kannalta, kun neitseellistä muovintuotantoa välttämällä vähennetään FD-vaikutuksia 1000 kg öljy-ekv. kerätyltä muovijätetonnilta. Rejektin poltolla vähennetään FD-vaikutuksia 130 kg öljy-ekv./muovijätetonnilla. Keräysmuovin lajittelun, pesun ja murskauksen energiankulutus on vähäistä (FD-vaikutuksia syntyy 15 kg öljy-ekv./kerättyä tonnia kohden) verrattuna neitseellisten LDPE-, HDPE-, PET- ja PP-muovien valmistuksessa tarvittavaan öljyyn ja maakaasuun. Nettomääräiset hyvitykset ovat FD-vaikutusten osalta koko tarkasteluketjusta -1100 kg öljy-ekv. muovijätetonnilta. Laivakuljetusten aiheuttamat FD-vaikutukset vähentävät kuitenkin nettosäästöjä hiukan; luvun suuruutta ei lähdetty arvioimaan, koska vaikutuksen tiedettiin olevan pieni.

Kustannuksia mainituissa muovijätteen hyödyntämistutkimuksissa ei lasketa ja reaalisia kustannuksia onkin vaikea jäljittää. Suuntaa-antavana arviona voidaan käyttää Myllymaa ym. (2008a) käyttämää arviota -1 200 € nettokustannuksista muovijätetonnilta, kun muovi korvaa neitseellisen muovin tuotantoa. Luku perustuu kuitenkin tasalatuiseen, kaupan ja teollisuuden muovivirran käsittelyyn Suomessa, joten nettosäästö on liian suuri, koska kotitalouksilta peräisin olevan muovin lajittelu- ja pesuprosessi on monimutkaisempi ja energiaa kuluttavampi. Tässä oletetaan, että lajitteluprosessin ja pesun kustannukset lisäävät esikäsittelyn kustannuksia 50 prosentilla. Nettosäästö muovitonnilta on tällöin noin -500 €, joskaan tulos ei ole täysin vertailukelpoinen ympäristövaikutuslaskennan kanssa, koska arviot koskevat Suomea eivätkä sisällä kierrätyskelvottoman muoviosuuden polttoa ja lajitellun ja pestyn muovin kuljetuksia Saksaan ja Kauko-Itään.

6.5

Muovi- ja kuitupakkausjätteen polttaminen sekajätteen seassa

Tarkasteltavassa vaihtoehdossa 1 (luku 2.2) palava pakkausjäte kerätään sekajätteen seassa ja ohjataan sekajätteen mukana energiana hyödynnettäväksi. Pohjoisen alueen lähin sekajätettä polttava voimalaitos sijaitsee Oulussa (etäisyys Rovaniemeltä 200 km). Seuraava lähin polttolaitos Suomen puolella on Mustasaaren laitos (520 km). Suomesta on viety sekajätettä vuosina 2011 ja 2012 poltettavaksi Ruotsin puolelle Bodeniin (250 km Rovaniemeltä) jätelain 109 §:n perusteella, koska Suomessa ei ole ollut riittävästi polttokapasiteettia. Yhdyskuntajätteet tulee kuitenkin käsitellä Suomessa omavaraisuusperiaatteen mukaisesti, joten kotimaisen polttokapasiteetin kasvaessa sekajätteen kuljettaminen Ruotsiin saattaa olla käytännössä mahdotonta.

Tarkasteluun valittiin läheisimmän etäisyyden ja jo suunnitellun polton vuoksi Laanilan ekovoimalaitos Oulussa, jonka pääpolttoaineet ovat yhdyskunta- ja teollisuusjäte sekä kierrätyspuu. Oulun Energian ja Oulun kaupungin omistama 50 MW:n voimalaitos on mitoitettu 120 000 tonnin vuotuiselle jätemäärälle. Kemiran tehdasalueelle sijoittuvassa voimalaitoksessa tuotetaan höyryä 86 %:n kokonaishyötysuhteella jätettä polttamalla. Tuotettua energiaa käytetään Kemiran teollisissa prosesseissa sekä sähkön ja kaukolämmön tuotannossa.

Elinkaaritarkasteluissa jätevoimalan tuottaman energian voidaan olettaa korvaavan muuta energiantuotantoa. Korvattavasta energiantuotannosta on tehtävä oletuksia. Jätevoimalaitoshankkeen esittelyssä on mainittu, että jäte-energialla voidaan korvata Oulun Laanilan alueella sijaitsevan Toppila 1 -voimalaitoksen tuotantoa. Vuonna 1977 rakennettu vastapainevoimalaitos alkaa tulla kuitenkin muutenkin teknisen käyttöikänsä päähän, joten tässä oletetaan korvattavan jätteestä saadulla energialla modernimman yhteistuotantolaitoksen (CHP) tuottamaa energiaa, joka on tuotettu 81 %:n kokonaishyötysuhteella polttamalla turvetta (80 %) ja haketta (20 %). Prosenttiluvut vastaavat kohtalaisesti Oulun energian polttoainehankintaa viime vuosina (Vanhala 2011). Korvaavuusvalinta on siten tehty alueella todennäköisimmin korvattavaksi oletettavaan polttoaineeseen nähden. Lisäksi raportoidaan tulokset matalamman päästökertoimen korvattavalle polttoainekombinaatiolle (puun osuus kasvatetaan 60 %:iin) ja korkeammalle päästökertoimelle (turpeen osuus kasvatetaan 100 %:iin).

Kuitu- ja muovipakkausten polttamisen vaikutusten laskennassa on käytetty lähtötietoina Tilastokeskuksen polttoaineluokitusta (2011) ja Kivirannan (2009) raportoimia lukuja kartongin tehollisista lämpöarvoista ja CO₂-päästöjen oletuskertoimista (taulukko 16). Sekajätteen lajittelututkimusten perusteella on todettu, että Tilastokeskuksen oletuskertoimet ovat riittävän lähellä todellisia kertoimia. Alakankaan (2000) mukaan muovia, puuta ja pakkauksia sisältävien seosten teholliset lämpöarvot vaihtelevat välillä 13–35 GJ/t.

Taulukko 16. Laskennassa käytetyt CO₂-oletuspäästökertoimet ja teholliset lämpöarvot (Tilastokeskus 2011, Kiviranta 2009)

Polttoaine	CO ₂ oletuspäästökerroin, t/TJ	Tehollinen oletuslämpöarvo, GJ/t
Jätepolttoaineet:		
Muovijäte	74,1	33
Kuitujäte	(17)*	15
Korvattavat polttoaineet:		
Jyrsinturve	105,9**	10,1
Hake	(109,6)***	9,5

* Kuitujätteen hiilipäästöt oletetaan pääosin bioperäisiksi ja karakterisoidaan siten kertoimella 0.

** Turpeen hiilipäästöt lasketaan fossiiliseksi (Seppälä ym. 2010).

*** Hakkeen hiilipäästöt luetaan bioperäisiksi ja karakterisoidaan siten kertoimella 0.

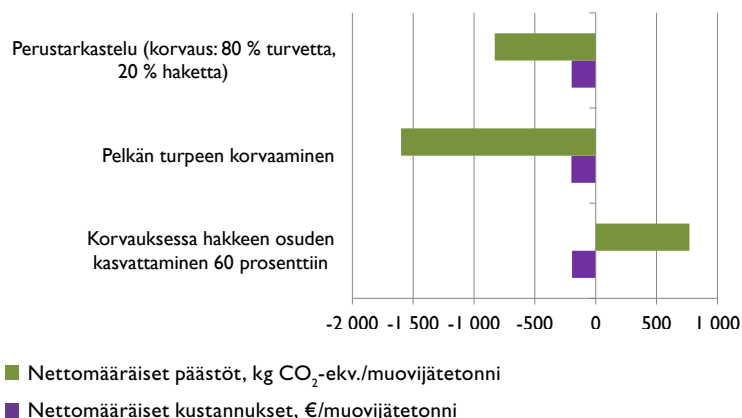
Käytetyillä oletuskertoimilla saadaan nettomääräisiä CO₂-ekv. päästöhyvityksiä -830 kg CO₂-ekv. /muovijätetonne ja -1490 kg CO₂-ekv. /kuitujätetonne, jos korvattava energia olisi tuotettu turpeella (80 %) ja hakkeella (20 %). Luonnonvarojen säästöt määräytyvät niin ikään tehdyistä korvausoletuksista. Koska jätteenpoltossa kuluu vain vähän fossiilisia luonnonvaroja (käynnistys- ja säätöpolttoaineet), voidaan turpeen polttoa välttämällä vähentää FD-vaikutuksia 520 kg öljy-ekv./muovijätetonne ja 240 kg öljy-ekv./kuitujätetonne. Lisäksi haketta korvaamalla vältetään puun käyttöä 700 kg muovijätetonnilta ja 320 kg kuitujätetonnilta. Kustannuslaskennassa hyödynnetään tietoja Oulun ekovoimalaitokselta ja Kivistön ja Vakkilaisen (2011) raportoimia keskimääräisiä energiantuotantokustannuksia. Näillä oletuksilla jätettä polttamalla säästetään lähes 200 euroa kerätyltä muovijätetonnilta ja 50 euroa kuitujätetonnilta.

Kuten energiahyödyntämisvaihtoehdoissa tyypillisesti, tässäkin saadut tulokset ovat riippuvia laskennassa käytetyistä oletuksista niin lämpöarvon, CO₂-päästökertoimen kuin korvattavien polttoaineiden osalta. Kuvat 8A-D havainnollistavat ilmastomuutosvaikutusluokan tulosten ja kustannusten herkkyyttä oletusarvoissa tehtyjen muutosten suhteen.

Kuva 8. Muutos nettomääräisissä CO₂-ekv. päästöissä ja kustannuksissa muutettaessa korvattavien polttoaineiden suhdetta ja oletusta jätepolttoaineen tehollisesta lämpöarvosta ja CO₂-päästökerroimesta.

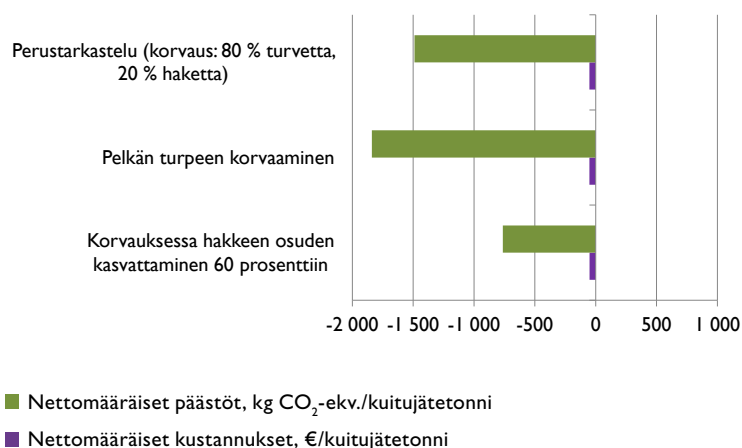
A. Muovijäte

Perusolelutukset (Tilastokeskus 2011):
Tehollinen lämpöarvo: 33 GJ/t
CO₂-päästökerroin: 74,1 kg/GJ



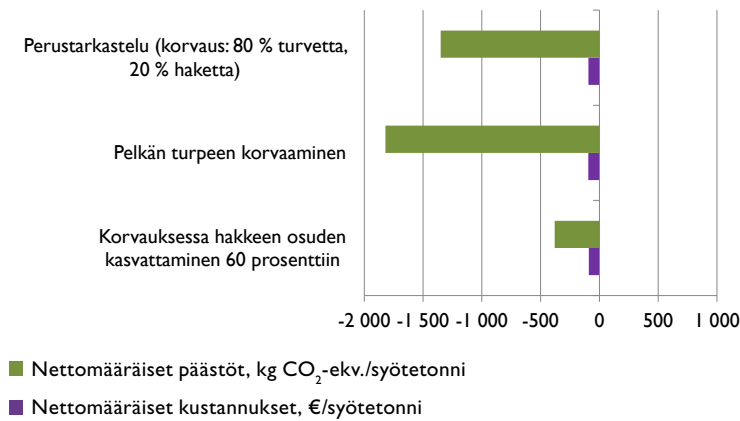
B. Kuitujäte

Perusolelutukset (Kiviranta 2009):
Tehollinen lämpöarvo: 15 GJ/t
CO₂-päästökerroin: 17 kg/GJ (bioperäinen)

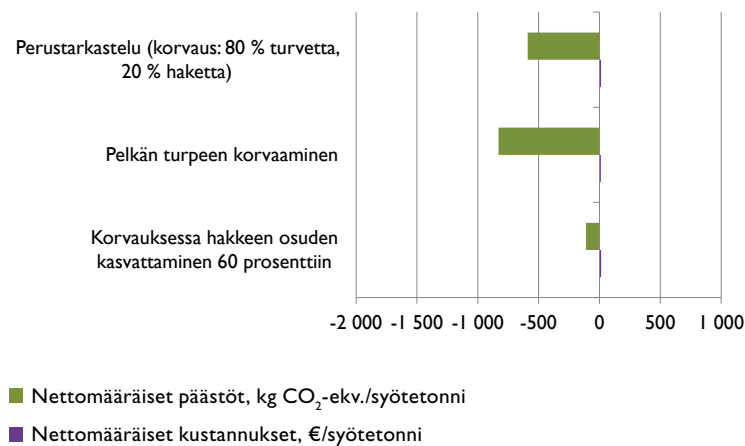


Kuvissa 8A ja 8B on kuvattu korvattavien polttoaineiden kombinaatioissa tapahtuvat muutokset. Kun hyvitykset lasketaan vertailun vuoksi korkeimmalla mahdollisella päästökertoimella (polttoaineena vain turve), nousevat nettomääräiset vältetyt CO₂-ekv. päästöt noin -1 800 kiloon CO₂-ekv. kerätyltä kuitu- tai muovijätetonnilta. Jos taas kasvatetaan korvattavassa energiantuotannossa puuhakkeen osuus jopa 60 prosenttiin, vähenevät vältetyt CO₂-ekv. päästöt kuitujätetonnilta -730 kiloon. Muovijätteen energiahyödyntämisestä ei tässä tapauksessa enää saada hyvityksiä, vaan muovin polttaminen synnyttää enemmän päästöjä kuin energiantuotanto turpeesta ja hakkeesta 40 ja 60 prosentin osuuksilla. Hakkeen osuuden kasvattaminen on sikäli realistinen tarkasteluvaihtoehto, että esimerkiksi Oulun Energia on vahvistanut kasvattavansa biomassan osuutta vuosi vuodelta (mm. Vanhala 2011). Kulloisessakin tapauksessa kattilateknologia määrittää, kuinka suureksi puuhakkeen osuus voidaan nostaa. Kustannuksissa syntyy vain hyvin vähäinen vaikutus, kun korvattavien polttoaineiden keskinäistä suhdetta muutetaan. Syynä tähän on turpeen ja puuhakkeen toisiinsa kytköksissä olevat hinnat.

C. Kierrätyspolttoaineen oletuskertoimet (Tilastokeskus 2011):
 Tehollinen lämpöarvo: 20 GJ/t
 CO₂-päästökerroin: 31,8 kg/GJ



D. Sekajätteen oletuskertoimet (Tilastokeskus 2011):
 Tehollinen lämpöarvo: 10 GJ/t
 CO₂-päästökerroin: 40 kg/GJ



Kuvissa 8C ja 8D on kuvattu vaikutus, joka syntyy, jos poiketaan perustarkastelun oletuskertoimista teholliselle lämpöarvolle ja CO₂-päästökertoimelle (ks. taulukko 16). Usein, kun ei pystytäkään määrittämään jäteperäisen syötepolttoaineen lämpöarvoa ja päästökerrointa, käytetään Tilastokeskuksen (2011) oletuskertoimia kierrätyspolttoaineille (biohajovan osuus 60 %). Jos taas sekajätteen seassa poltettava jätevirta katsotaan erittäin pieneksi, voidaan käyttää sekajätteen oletuskertoimia (Tilastokeskus 2011). Kierrätyspolttoaineen oletuskertoimia käyttämällä tulokset eroaisivat perustarkastelusta vain vähän lukuun ottamatta tapausta, jossa muovijätteen poltto korvaa energiantuotantoa, jossa hakkeen osuus on suuri. Toisin kuin perusoletuksilla, myös tässä tapauksessa saadaan nettomääräisesti päästöhyvityksiä. Sekajätteen oletuskertoimilla saataisiin myös nettohyvityksiä, mutta pienempiä sellaisia. Kustannussäästöjä ei enää saavuteta.

Muovin polttaminen säätöpolttoaineena

Tarkasteltavassa vaihtoehdossa 3 (luku 2.2) erilliskerätty muovijäte hyödynnetään niin kutsuttuna säätöpolttoaineena Oulun jätteenpolttolaitoksessa. Koska Laanilan jätteenpolttolaitos tuottaa höyryä Kemiran prosesseille, tarkoittaa tämä, että ajoittain voimalaitoksen on reagoitava nopeasti teollisuuden höyryn kysynnän tilapäiseen kasvuun. Tähän tarkoitukseen tarvitaan energiapitoista säätöpolttoainetta tukemaan pääpolttoainetta. Tyypillisesti poltetaan öljyä erillisessä polttimessa. Myös kotitalouksien erilliskerättyä muovijätettä voitaisiin mahdollisesti käyttää höyryn kysynnän kasvaessa. Tällöin saattaisi kuitenkin olla tarpeen asentaa muovijätteelle erillinen syötin. Muovijätteen lämpöarvona ja päästökertoimenä käytetään taulukossa 17 listattuja Tilastokeskuksen oletusarvoja.

Jos erilliskerättyä muovijätettä voidaan käyttää säätöpolttoaineena ja korvattavaksi säätöpolttoaineeksi oletetaan raskas polttoöljy (taulukko 17) ja otetaan huomioon öljyn louhinnan päästöt, ei tarkastelussa saada päästöhyvityksiä ilmastomuutosvaikutusluokassa, vaan päästöjä syntyy noin 75 kg CO₂-ekv. muovijätetonnilta. Fossiilisten luonnonvarojen käytössä säästetään kuitenkin 650 kg öljy-ekv./muovijätetonne. Vaikka öljyn hinta on korkea ja kasvussa, ei ole selvää, että erilliskerättävän muovipolttoaineen hinta on yhteiskunnalle fossiilisen polttoaineen hintaa halvempi. Muovipolttoaineen hinta yhteiskunnalle on sen erilliskeräyksen, kuljetuksen ja paa-lauksen kustannus vähennettynä kustannuksella, joka syntyy sekajätteen seassa kerättäessä. Voimalaitoksen näkökulmasta toiminta voi sen sijaan olla kannattavaa, vaikka muovijätteen polttaminen vaatisikin erillisin syöttimen. Tässä yhteydessä ei pohdita tarkemmin vaihtoehdon teknistä toteuttamiskelpoisuutta, koska ilmastomuutosvaikutus ei anna tukea vaihtoehdolle ja yhteiskuntataloudellisesti lienee halvempaa polttaa muovijätteet ilman erilliskeräystä, sekajätteen seassa.

Taulukko 17. Laskennassa käytetyt CO₂-oletuspäästökertoimet ja teholliset lämpöarvot (Tilastokeskus 2011).

Polttoaine	CO ₂ oletuspäästökerroin, t/TJ	Tehollinen oletuslämpöarvo, GJ/t
Jätepolttoaine: Muovijäte	74,1	33,0
Korvattava polttoaine: Raskas polttoöljy, rikkipitoisuus < 1 %	78,8	41,1

7 Keräysjärjestelmämallinnuksen tulokset

7.1

Vyöhykkeen vaikutus

Osana pakkausjätteiden kokonaislinkaarta tarkasteltiin tarkemmin kuljetusmatka-perusteisella keräysjärjestelmämallinnuksella pakkausjätteen erilliskeräyksen vaikutuksia. Keräysvaiheen kuljetusten tarkastelu toteutettiin kolmelle eri vyöhykkeelle, joiden merkittävimmät erot ovat asutuksen tiheydessä, taajamien välisissä etäisyyksissä ja kuljetusetäisyyksissä (luku 5). Myös erilliskerätty jätemäärä on alueilla erilainen. Perustarkastelu toteutettiin kauppamallilla eli yhteensä 152 keräyspistettä oletettiin sijoitettavaksi pääsääntöisesti kauppojen yhteyteen tai muille luontaisille kulkureiteille isommissa taajamissa (luku 4.3).

Reunakunnista, eli pitkän etäisyyden vyöhykkeeltä, erilliskerätyn pakkausjätteen osuus on 12 % koko tarkasteltavan pohjoisen alueen oletetusta pakkausjätteen erilliskertymästä. Keskipitkän etäisyyden vyöhykkeen osuus on 29 % ja kaupunkivyöhykkeen osuus 59 % (taulukko 18). Erot kunkin vyöhykkeen keräyspisteiden välisissä keskimääräisissä etäisyyksissä johtavat kuitenkin siihen, että kuljetuskilometrien vaikutukset jakautuvat toisin. 70 % koko tarkasteltavan alueen kuljetuksista sijoittuu pitkän etäisyyden vyöhykkeelle, kun keskipitkän vyöhykkeen osuus on 15 % ja kaupunkivyöhykkeen osuus 15 %.

Kun tarkasteluun lisätään siirtokuljetukset, erot tasaantuvat. Koska kaupunkivyöhykkeellä syntyy eniten jätettä, tarvitaan sille myös määrällisesti eniten siirtokuljetuksia, vaikka etäisyys Ouluun/Tornioon onkin lyhyempi. Keskipitkän etäisyyden vyöhykkeellä siirtokuljetusten lukumäärä on pienempi kuin kaupunkivyöhykkeellä, mutta pidempi kuljetusetäisyys kasvattaa osuuden tarkasteltavan alueen kokonaiskilometreistä suurimmaksi.

Taulukko 18. Kunkin keräysvyöhykkeen osuus jätemääristä, keräyspisteistä ja kuljetuksista

Vyöhyke	Osuus jätemäärästä	Osuus keräyspisteistä	Osuus keräysvaiheen kilometreistä	Osuus siirtokuljetusten kilometreistä	Osuus kokonaiskilometreistä
Pitkä	12 %	13 %	70 %	20 %	50 %
Keskipitkä	29 %	30 %	15 %	42 %	25 %
Kaupunki	59 %	57 %	15 %	38 %	25 %

Keräysvälineiden ja ajoneuvojen vaikutus

Keräysjärjestelmämallinnuksessa (luku 5) laadittiin seuraavat tarkasteluvaihtoehdot keräysvälineistä ja -ajoneuvoista:

A. pienet keräysvälineet

- lasi ja metalli: 660 litran liikuteltavat astiat
- kuidut ja muovi: 5 m³:n syväkeräyssäiliöt
- keräysajoneuvona 25 m³:n vaihtolava-ajoneuvot

B. pienet keräysvälineet (kuten A:ssa), mutta pakkaava jäteauto muoville ja kuiduille

C. isot keräysvälineet

- lasi ja metalli: 5 m³:n syväkeräysastiat
- kuidut ja muovi: 20 m³:n puristinkontit
- keräysajoneuvona 25 m³:n vaihtolava-ajoneuvot nosturilla lasille ja metallille
- keräysajoneuvona peräkärryllinen lava-auto kolmelle kontille

Kuvissa 9, 10 ja 11 on esitetty vyöhykkeittäin ilmastonmuutosvaikutukset, polttoaineen kulutuksesta aiheutuva fossiilisten luonnonvarojen ehtyminen ja kustannukset mallinnetussa keräysjärjestelmässä, kun keräysväline- ja ajoneuvotyypit vaihtelevat. Silloin, kun tarkastellaan pelkkiä kuljetuskilometrejä, vaikutukset ovat sitä pienemmät mitä isompia keräysvälineitä käytetään. Ratkaisevassa asemassa ovat puristavat toiminnot eli ennen kaikkea puristavien konttien ja toissijaisesti pakkaavien jäteautojen käyttäminen pienen tilavuuspainon jakeille, muoveille ja kuiduille. Kustannuksissa keräyspisteiden perustamisen kustannusten huomioon ottaminen (ks. luku 5.1) osoittaa kuitenkin konttijärjestelmään perustuvan keräyksen kalliin lisähinnan (ruskeat pystyviivat kuvassa 11). Käytännössä puristavien konttien sijoittamista rajoittavat myös tekniset tekijät, ja tässä puristavat kontit kaikissa pisteissä esitetään vain teoreettisena vaihtoehtona.

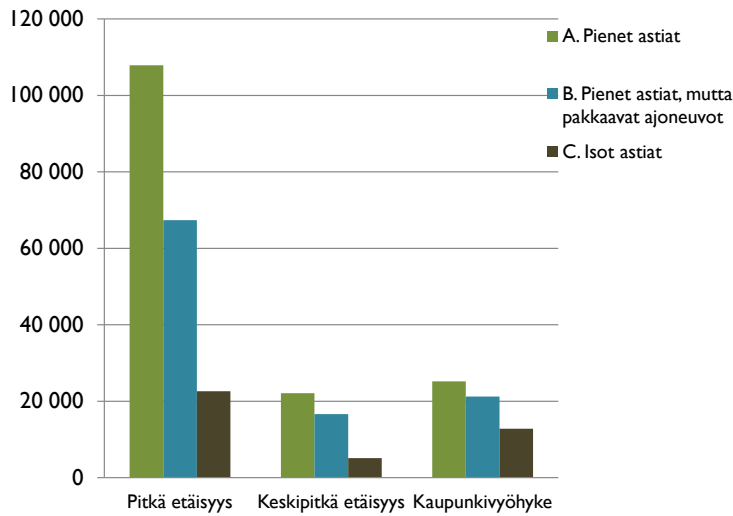
Koska kuljetuskilometreistä 70 % sijoittuu pitkän etäisyyden vyöhykkeelle, nousevat kokonaisvaikutukset kaikissa vaikutusluokissa vyöhykkeistä suurimmaksi. Myös tonnikohtaiset vaikutukset ovat suuria pienen jätesaannon takia. Kaupunkivyöhykkeellä taas tiheämpi asutus nostaa kokonaisvaikutukset keskipitkän etäisyyden vyöhykettä suuremmaksi, vaikka tonnikohtaiset vaikutukset ovat suuremman jätesaannon myötä alhaisimmat. Nyt mallinnetuista vaihtoehdoista alhaisimmat kokonaisvaikutukset ovat vaihtoehdossa B, jossa on käytössä pienet keräysvälineet ja pakkaavat ajoneuvot muovi- ja kuitupakkausjätteiden keräyksessä. Vuotuisia kasvihuonekaasupäästöjä syntyy pohjoisella alueella noin 100 000 kg CO₂-ekv, joka tarkoittaa keskimäärin noin 25 kg CO₂-ekv kerättyä pakkausjätetonna kohden. FD-vaikutuksia syntyy vuodessa 43 000 kg öljy-ekv. Keräyksen vuotuiset kokonaiskustannukset, astiat mukaan lukien, ovat vaihtoehdossa B noin 700 000 euroa, jolloin keskimääräinen tonnikohtainen hinta keräyksestä on tällöin noin 180 e/jätetonna.

Tulokset perustuvat keräysjärjestelmämallinnukseen, jossa keräys on siinä mielessä optimoitu, että keräysajoneuvot eivät aja keräysreittejä ennalta määrättyllä taajuudella, vaan ainoastaan silloin, kun astiat täyttyvät. Mallin tuottama tyhjennystiheys vaihtelee tällöin jätelajeittain ja vyöhykkeittäin aina 5–52 vuotuisen tyhjennyskerran välillä. Alhaiset tyhjennysvälitarpeet sijoittuvat pitkän ja keskipitkän etäisyyden vyöhykkeelle, kaupunkivyöhykkeellä tyhjennystarve on lasia lukuun ottamatta joko kerran viikossa tai kerran kahdessa viikossa.

Alan toimijat ovat tässä esitetystä poiketen esittäneet huomattavasti suurempia jätetonnikohtaisia keräyskustannusarvioita. Myös jätelaitokset raportoivat nykyisellään suurempia tonnikohtaisia lukuja, noin 200–600 e/jätetonna. Samanlaisen suuruusluokkaan, keskimäärin noin 300–600 euroa jätetonnilta jätelajista riippuen,

Vyöhykekohtaiset kasvihuonekaasupäästöt

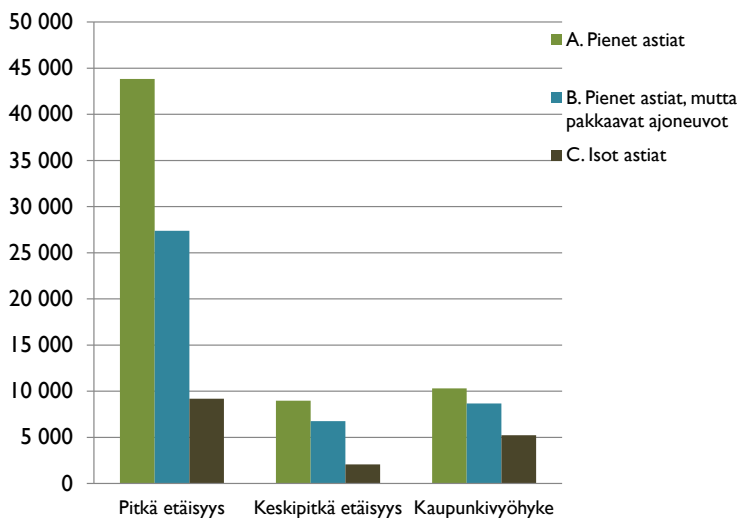
kg CO₂-ekv. vuodessa



Kuva 9. Keräysvaiheen kuljetusten vuotuiset kasvihuonekaasupäästöt pohjoisella alueella vyöhykkeittäin

Vyöhykekohtaiset FD-vaikutukset

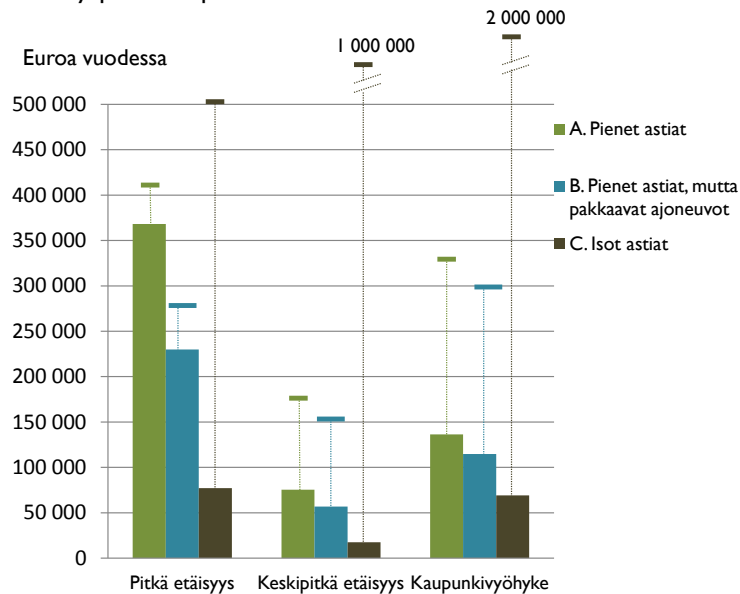
kg öljy-ekv. vuodessa



Kuva 10. Keräysvaiheen kuljetusten vuotuiset polttoaineen kulutuksesta aiheutuvat fossiilisten luonnonvarojen ehtymisvaikutukset pohjoisella alueella vyöhykkeittäin

päästään tämänkin tarkastelun laskentamallilla siinä tapauksessa, että asetetaan keräykselle ennalta määrätty taajuus, esimerkiksi jokaisen keräyspisteen tyhjennys kerran viikossa tai kerran kahdessa viikossa. Vuotuiset kokonaiskustannukset nousevat tällaisella ajattelulla merkittävästi kuvassa 11 esitettyjä suuremmiksi: tyhjennysväioletuksista riippuen kaksin- tai kolminkertaisiksi. Vähiten muutoksia tapahtuu kaupunkivyöhykkeellä, jossa tyhjennystarve on muutenkin korkea. Ennalta määrättyllä taajuudella ajettaessa myös CC- ja FD-vaikutukset nousevat. Esimerkiksi viikoittaisella tyhjennysvälillä keskimääräinen jätetonnikohtainen kasvihuonekaasupäästö on keskimäärin 60 kg CO₂-ekv kerättyä pakkausjätetonnin kohden.

Vyöhykekohtaiset kuljetuskustannukset ja keräyspisteiden perustamisen vaikutus



Kuva 11. Keräysvaiheen kuljetusten vuotuiset kokonaiskustannukset (pylväät) ja keräyspisteiden perustamisen (ml. keräysvälineiden hankinta) lisävaikutus (pystyviivat) pohjoisella alueella vyöhykkeittäin

Keräystarpeen optimointiin perustuvan mallinnuksen tulokset kertovat ennen kaikkea siitä, että määrittämällä tyhjennysvälit tarveperusteisesti, voidaan saavuttaa säästöjä niin syntyvissä ympäristövaikutuksissa kuin kustannuksissa. Tämän saavuttamisessa auttaa tulevaisuudessa esimerkiksi keräysvälineisiin asennettava sensoriteknikka. Käytännössä joudutaan kuitenkin ottamaan huomioon mahdollisia hygieniariskejä, astioiden epätasainen täyttyminen eri pisteissä ja muita tekijöitä, jotka eivät mahdollista yhtä tehokasta keräyslogistiikkaa kuin laaditussa mallinnuksessa. Tällaisten tekijöiden huomioon ottaminen voi kolmin- tai nelinkertaistaa arvioidut vaikutukset kuvissa 9, 10 ja 11.

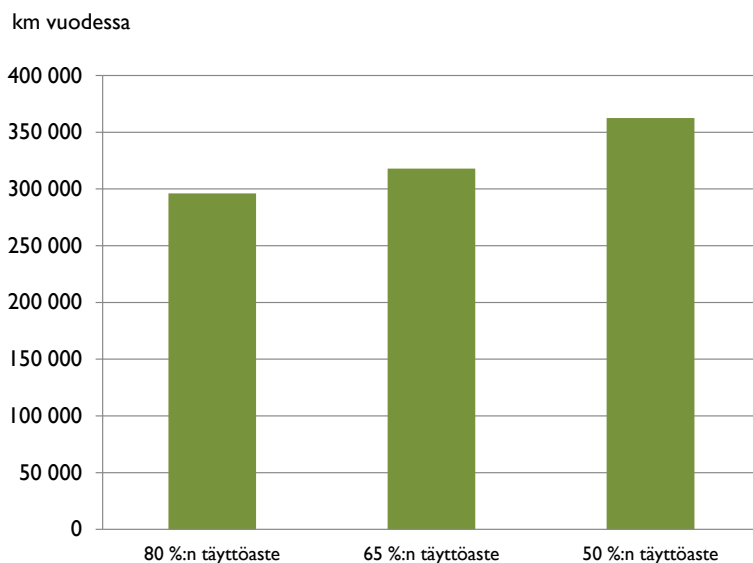
7.3

Keräysvälineiden täyttöasteen merkitys

Aluekeräyksen jäteastiat oletettiin keräysmallinnuksessa tyhjennettäväksi, kun astiat ovat 80 prosenttisesti täynnä. Käytännössä keräysvälineiden täyttöaste vaihtelee keräyspisteestä toiseen ja monesti ne tyhjennetään puolitäysinä. Jos keräysvälineet ovat tyhjennettäessä keskimäärin vain 65 prosenttisesti täynnä, kasvavat kuljetuskilometreihin perustuvat päästö-, luonnonvara- ja kustannusvaikutukset koko pohjoisella alueella keskimäärin 10 % (kuva 12). Jos taas keräysvälineet ovat puolityhjiä, kuljetuskilometrejä on 25 % enemmän kuin perustarkastelussa. Siirtokuljetusten laskennalliseen määrään keräysvälineiden täyttöasteen vaihtelevuus ei vaikuta, koska siirtokuljetukset oletettiin ajettavan vain, kun kukin siirtokuorma tulee täyteen. Näin voidaan toimia käytännössä vain, jos siirtokuormauksessa ei ole ennalta päätettyä taajuutta, eivätkä esim. haju- tms. haitat vaadi tiettyä kuljetustiheyttä.

Täyttöastetta merkittävämmän kokonaiskilometreihin vaikuttaa kuitenkin tyhjennysväli. Lisäksi, jos harvaanasutulla alueella käytetään ennalta määrättyä tiheää tyhjennystaajuutta, keräysvälineissä ja ajoneuvoissa on väistämättä kapasiteettivajetta.

Astioiden täyttöasteen vaikutus



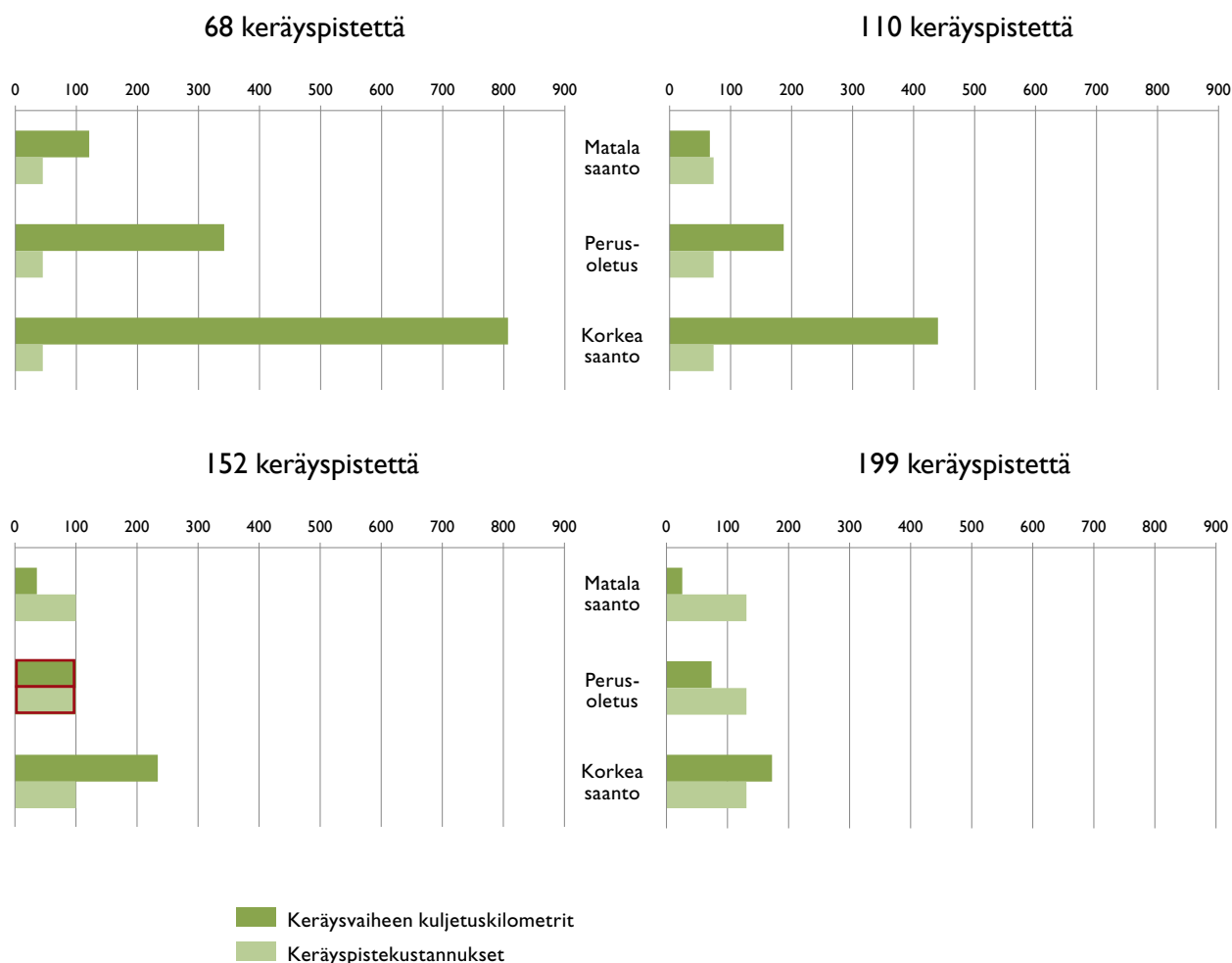
Kuva 12. Keräysvälineiden täyttöasteen vaikutus pohjoisen alueen keräysvaiheen kuljetusten vuotuisiin kokonaiskilometreihin

7.4

Keräysverkoston tiheys ja pakkausjätteiden saanto

Perustarkasteluun valittiin 152 aluekeräyspisteen malli, jossa keräyspisteet sijaitsivat pääasiassa kauppajärjestöjen yhteydessä. Yhtäläillä voitaisiin tarkastella harvempien tai tiheämpien verkostomallien (liite 3) vaikutuksia. Tiheämmän verkoston perusteina ovat helpompi saavutettavuus asukkaiden näkökulmasta sekä mahdollisesti suuremmat erilliskerätyt jätesaannot. Tiheämpi keräysverkosto ei kuitenkaan välttämättä johda kasvaviin jätesaantoihin. Pohjoisella alueella ei esimerkiksi nykyisin ole osoitettavissa korrelaatiota erilliskeräyksen raportoitujen asukaskohtaisten saantojen ja vastaanottopisteiden alueellisten lukumäärien välillä. Näin ollen erilliskeräyksen menestyksellisuuden taustalla on muitakin tekijöitä kuin vain keräyspisteiden lukumäärä. Esimerkiksi pääkaupunkiseudulla aluekeräyspisteitä on vähennetty samalla kun pisteitä on sijoitettu uudelleen luontaisten kulkureittien yhteyteen ja pisteiden ulkonäköä on uudistettu. Pienemmästä vastaanottopistemäärästä huolimatta aluekeräyksen jätesaannot ovat kasvaneet. Sijoittelulla ja saavutettavuudella on iso merkitys, mutta myös kotitalouksille suunnattava tiedotus ja valistus ovat keskeisessä asemassa.

Luvussa 3 raportoitui eri lähteistä johdettuja arvioita pakkausjätteen erilliskeräyksen saannolle tarkasteltavalla alueella. Luvuissa oli suurta vaihtelevuutta. Laskennassa käytetyt luvut johdettiin osin Ruotsin keskimääristen ja osin sen pohjoisen läänin, Norrbottenin, saantojen perusteella (luku 3, taulukko 5). Tarkasteluun valitut erilliskeräyksen saannot (taulukko 6) poikkeavat jonkin verran muiden tutkimusten oletuksista. Esimerkiksi Kuusiola (2010) olettaa pääkaupunkiseudulla metallien vuotuisiksi ominaiskertymäksi 6,5 kg/asukas ja lasin ominaiskertymäksi 7,4 kg/asukas, joskin arviot perustuvat kiinteistökohtaisen keräyksen saantoihin. Kojo (2010) olettaa pakkausjätetarkastelussaan koko Suomen keskimääräisiksi asukaskohtaisiksi saannoiksi 1,8 kg lasille, 1,2 kg metallille, 5,6 kg kartongille ja 0,35 kg muoville. Nämä ovat siten merkittävästi alhaisemmat kuin Ruotsin ja Norrbottenin keskimääräisistä saannoista johdetut oletukset tässä selvityksessä. Laskennassa käytetyt oletusaan-



Indeksi, perustarkastelun tulokset merkitty punaisella = 100

Kuva 13. Keräyspisteverkostotiheyden ja jätesaannon eri yhdistelmien keräysvaiheen kuljetuskilometrit ja keräyspistekustannukset suhteessa perustarkastelun vaikutuksiin (indeksi).

not ovat myös lasijätettä lukuun ottamatta merkittävästi suuremmat kuin nykyiset kertymät, keskimäärin lähes kolminkertaiset. Toisaalta keskimääräinen oletussaan-
to on 60 % pienempi kuin mitä sekajätteen lajittelututkimusten pohjalta arvioitiin pak-
kausjätteen kokonaismääräksi (luku 3, taulukko 7).

Selvityksen kannalta olisi mielenkiintoista tietää, miten verkostotiheydessä ta-
pahtuvat muutokset vaikuttavat erilliskeräyksen jätesaantoihin ja sitä kautta kerä-
ysvaiheen vaikutuksiin ja niiden merkitykseen jätteen elinkaareissa. Käytännössä ei
kuitenkaan löydetty tietoa verkostotiheyden ja jätesaantojen yhteydestä. Näin ollen
olisi laadittava oletus siitä, miten keräysverkostotiheydessä tehtävät muutokset vai-
kuttavat jätesaantoon. Koska tällaista oletusta on vaikea laatia perustellusti, tarkas-
teltiin kuitenkin, miten keräysvaiheen kuljetusten CO₂-ekv. päästöt, kuljetuskustan-
nukset ja keräyspistekustannukset muuttuisivat käytetyssä mallissa, jos oletettaisiin
eri verkostotiheyksien ja eri jätesaantojen yhdistelmiä.

Tarkastelu toteutettiin tältä osin keräysväline ja -ajoneuvovaihtoehdolle B (ks. 7.2).
Verkostotiheytenä käytetään 68, 110, 152 (perustarkastelu) ja 199 pistettä (ks. liite 3).
Mallissa lisäkeräyspisteet oletetaan sijoitettavan samoihin taajamiin kuin perustarkaste-
lussa, jolloin yksittäisen keräysreitit pituus ei kasva merkittävästi. Jätesaannon vaikutus
lasketaan luvun 3.3 taulukon 7 jätesaantojen perusteella. Matalana saanto-oletuksena

käytetään pohjoisen alueen nykyistä asukaskohtaista saantoa kuitenkin siten, että muovijätteen saannon oletetaan kasvavan 2,5 kiloon asukkaalta, kun keräys järjestetään tasaisesti koko alueella. Yhteenlaskettuna matala saanto tarkoittaa noin 8 kg pakkausjätettä per asukas vuodessa. Luku on lähellä Kojon (2010) valtakunnallista oletusta. Toisena ääripäänä käytetään teoreettista maksimisaantoa, noin 52 kg/asukas/vuosi (korkea saanto). Lisäksi tulokset esitetään perustarkastelun saannolle, noin 23 kg/asukas/vuosi.

Kuvassa 13 perustarkastelun kuljetuskilometrit ja keräyspistekustannukset on indeksoitu luvuksi sata (punainen reunaviiva), johon muiden yhdistelmien tuloksia voidaan verrata. Koska vaikutukset (päästöt, luonnonvarojen ehtyminen ja kustannukset) johdetaan mallissa kuljetuskilometrien kautta, indeksinä ilmaistuna on sama, tarkastellaanko kuljetuskilometrejä, ilmastomuutosvaikutusta, luonnonvarojen ehtymisvaikutusta vai kustannusvaikutusta.

Tulokset kertovat ennen kaikkea käytetyn mallin ominaisuuksista eivätkä niinkään todellisesta tilanteesta. Keräysmallissa, jossa vaikutukset perustuvat keräysvaiheen laskennallisiin kilometreihin, keräyspistetiheyden kasvattaminen vähentää kuljetustarvetta, mikäli jätesaanto vakioidaan. Tämä johtuu siitä, että vastaanottopisteiden määrän kasvattaminen samoissa taajamissa tarkoittaa astioiden hitaampaa täyttymistä ja siten vähäisempiä kuljetuksia, jos jätesaannot eivät kasvakaan keräyspisteiden lisääntyessä. Näin ollen mallissa suurempi keräyspistetiheys tarkoittaa alhaisempia vaikutuksia. Kustannuksissa tosin kasvavat keräyspistekustannukset muodostuvat lopulta ratkaiseviksi. Mallissa myös keräyksen vaikutukset kasvavat verkostotiheydestä riippumatta, jos jätesaanto kasvaa. Tämä on seurausta siitä, että jäteastioissa ja jäteautoissa ei oleteta olevan merkittävää täyttövajetta, jota kasvavalla jätemäärällä voitaisiin täydentää. Tyhjennystarpeen optimoivassa mallissa ei siten saada merkittäviä skaalaetuja jätesaannon kasvaessa. Laskentamallissa ei ole myöskään muun muassa otettu huomioon tyhjennysvaiheen aikaisen tyhjäkäynnin päästöjä yksityiskohtaisesti; tyhjäkäynnin päästöt kasvavat keräyspisteiden lukumäärän kasvaessa, joskin vaikutus lienee kokonaistarkastelun kannalta pieni.

Käytännössä jätteen keräys ei kuitenkaan toimi yhtä tehokkaasti kuin laaditussa keräysmallinnuksessa. Todellisuudessa astiat täyttyvät epätasaisesti ja autot kuljetavat vajaita kuormia. Näin on etenkin, jos pakkausjätteen keräykselle joudutaan määräämään tiheä keräystaajuus riippumatta keräysvälineiden täyttymisestä. Tällaisessa keräysmallissa kasvavat jätesaannot käytännössä alentavat tonnikohtaisia vaikutuksia, kun lisäjäte mahtuu samoihin astioihin ja ajoneuvoihin. Vastaavasti, jos saannot jäävätkin odotettua alhaisemmiksi, tonnikohtaiset vaikutukset ovat suuremmat, koska keräysjärjestelmä on ylimitoitettu ja keräysautot hakevat ennalta määrättyllä tyhjennysvälillä pieniä kuormia. Oleellista onkin pohtia, millaiset jätesaannot pohjoisesta voidaan olettaa saatavan ja mitoittaa keräysjärjestelmä tämän mukaisesti sekä järjestää keräys mahdollisimman tehokkaasti. Huomionarvoista on lisäksi, että kuljetusvaiheen vaikutukset kasvaisivat merkittävästi, jos lisäpisteet sijoitettaisiin haja-asutusalueelle muualle kuin nykyisten ajoreittien yhteyteen. Luvussa 8.4 nähdään, miten verkostotiheyden ja jätesaannon muutoksen vaikutukset suhteutuvat koko elinkaaren aikaisiin vaikutuksiin.

7.5

Vaihtoehtoisia keräystapoja

Selvityksessä laadittiin oletus erilliskeräysjärjestelmästä, jossa kukin pakkausjätelaji kerätään omaan astiaansa ja omaan ajoneuvoonsa. Myös muunlaisia keräysvaihtoehtoja olisi ollut mahdollisuus mallintaa:

Lasi- ja metallipakkausten yhteiskeräys

Perustarkastelussa lasi- ja metallipakkausjätteet syntypaikkalajitellaan erilleen muusta kotitalousjätteestä ja sijoitetaan kumpikin jätelaji omiin keräysvälineisiinsä aluekeräyspisteessä. Käytännössä voitaisiin käyttää vain yhtäkin astiaa, joskaan Suomessa ei ole tällä hetkellä lajittelulaitosta metallin ja lasin erottamiseksi. Perustarkastelussa jätelajit oletettiin kuljetettavan kumpikin omalla ajoneuvolla. Mahdollista olisi kuitenkin käyttää vain yhtä kaksikammioista kuljetusajoneuvoa. Kuusiolan (2010) mukaan Turussa on todettu, että lasi- ja metallijätettä voidaan kerätä samaan autoon vain syväkeräyssäiliöistä. Tässä laskenta tehtiin kuitenkin myös liikuteltaville pinta-astioille. Tyhjentävä auto voi olla nosturiton tai nosturilla varustettu kaksilokeroinen jäteauto.

Vertailun vuoksi tuotetussa laskelmassa oletettiin, että lasi ja metalli kerätään kaksikammioiseen autoon, jossa yhden kammion tilavuus on 10 m³. Metallilla on lasia alhaisempi tilavuuspaino, joten oletetuilla keräysväline-tilavuuksilla ja kertymillä metallin keräysvälineiden nopeampi täyttyminen säätelee keräystä. Täyttöasteena käytettiin perustarkastelun 80 prosenttia ja vuoden aikana kertyvä metalli, joka ei mahdu monilokeroajoneuvoon, oletettiin noudettavan normaalilla keräysajoneuvolla.

Laskelmat osoittavat, että monilokeroajoneuvojen käytöstä saadaan etua vain siinä tapauksessa, että monilokeroajoneuvon kammioiden yhteenlaskettu tilavuus on selvästi suurempi kuin yhden yksittäistä jätelajia keräävän ajoneuvon tilavuus. Näin ei kuitenkaan käytännössä ole, koska kammioiden jakorakenne vähentää auton kapasiteettia. Tyhjennystarpeen optimoivassa tarkastelussa ei siten synny kuljetuskilometreissä merkittävää eroa, kun myös yksittäin jätelajeja hakevien ajoneuvojen voidaan olettaa täyttyvän täyteen. Jos tarkastelu perustuisi ajankäyttöön, tulos saattaisi olla erilainen, koska etenkin liikuteltavia pinta-astioita tyhjennettäessä monilokeroauto on nopeampi. Optimaalisessa tilanteessa keräysvälineiden määrä tai tilavuus valittaisiin kerättävien jätelajien tilavuuspainojen ja kertymän suhteen. Kuljetusten vaikutuksia saataisiin lisäksi alennettua, jos keräysajoneuvon kammiotilavuus voitaisiin räätälöidä tarpeen mukaan.

Käytännössä monilokeroajoneuvoilla on onnistuttu vähentämään kokonaiskilometrejä jonkin verran etenkin alueilla, joissa keräysvälineiden täyttöasteet vaihtelevat, etäisyydet keräyspisteiden välillä ovat pitkiä ja työvuoron päättymisen katkaisee tavanomaisen jäteauton kierroksen ennen sen täyttymistä. Vares ja Lehtinen (2007) ovat todenneet, että tehokkaasti suunniteltu yhteiskeräys vähentää päästöjä merkittävästi ainakin taajama-alueella pienmetalli- ja lasijätteen yhteiskeräyksessä. Myös Kuopion alueella jätteenkuljetuksen kustannukset alenivat kaksikammioisen auton keräyskokeilulla (Mattila 2010), joskaan mitään lukuarvoja ei anneta.

Pakkausjätteiden yhteiskeräysastia aluekeräyksessä

Vaihtoehtoisissa 2 ja 3 pakkausjätteet lajitellaan erilleen muusta kotitalousjätteestä ja kerätään jokainen omaan ajoneuvoonsa. Vertailun vuoksi laskettiin tilanne, jossa pakkausjätteet lajiteltaisiin erilleen muusta jätteestä, mutta sijoitettaisiin aluekeräyspisteessä yhteisiin keräysvälineisiin, jotka tyhjentää yksi ajoneuvo. Jätefraktiot eroteltaisiin tällöin toisistaan lajittelulaitoksessa (MRF, materials recycling facility). Koska tällaista laitosta ei vielä ole Suomessa, voidaan arvioida vain keräysvaiheen vaikutuksia.

Laskelmat osoittavat, että yhteiskeräys vähentää keräysvaiheen vaikutuksia kunkin jakeen erilliskeräykseen verrattuna, jos erilliskeräys toteutetaan pienillä keräysvälineillä. Kunkin pakkausjätejakeen kerääminen erilleen isoihin syväkeräyssäiliöihin ja puristaviin kontteihin tuottaa kuitenkin vähemmän päästöjä, luonnonvarojen kulumista ja kustannuksia verrattuna tilanteeseen, jossa kaikki jakeet laitetaan samaan astiaan. Näin on, vaikka käytettäisiin pakkaavaa ajoneuvoa yhteiskeräyksessä. Astioi-

den nopea täyttyminen ilman puristusmahdollisuutta johtaa suurempiin tarvittaviin kuljetuskilometreihin. Kustannussäästöä saadaan kuitenkin ajoneuvojen pienemmästä tarvittavasta määrästä. Käytännössä puristavien konttien mallinnus (vaihtoehto C, luku 5.3) on vain teoreettinen.

Varmistettavaksi jää, ettei yhteiskeräys heikennä lähinnä muovi- ja kuitupakkausjätteiden laatua. Englannissa yhteiskeräyksen on todettu vähentävän keräyksen kustannuksia, lisäävän kerättyjen jätteiden määrää ja varmistavan saatavan jätelajin puhtauden, kun lajittelu hoidetaan keskitetysti. Yhteiskeräyksen ja lajittelulaitoksen käytön mahdollisuutta on alustavasti kartoitettu Ruotsissa eikä ainakaan teknisiä esteitä ole havaittu. (Stenmark ja Sundqvist 2008.)

Kaikki pakkausjätteet sekajätteen seassa

Vaihtoehdossa 1 muovi- ja kuitupakkausjätteet kerättiin sekajätteen seassa. Selvityksessä ei tarkasteltu vaihtoehtoa, jossa kaikki pakkausjätefraktiot kerättäisiin lajittelemattomina sekajätteen mukana ja ohjattaisiin energiahyödyntämiseen. Tällaista tarkastelua ei tehty, koska tarkasteltavan Oulun polttolaitoksen ympäristöluvassa polttokelvottoman jätteen määrää on rajoitettu. Lisäksi muista polttolaitoksista on aiempaa näyttöä, että runsas lasin ja metallin määrä sekajätteen seassa aiheuttaa teknisiä ongelmia.

Polttamalla kaikki pakkausjätteet kuitu- ja muovipakkauksista saataisiin energiaa, lasit ja metallit sen sijaan päätyisivät polttolaitoksen pohjakuonaan. Käytännössä metallien talteenotto pohjakuonasta olisi mahdollista. Kuusiola (2010) kuitenkin luettelee muun muassa alumiinin aiheuttamat mekaaniset vauriot, metallien hapettumisen raskasmetallipäästöt ja ennen kaikkea metallien laadun merkittävän heikkenemisen polton aikana syiksi, jonka takia metallien erottelua vasta polton jälkeen ei puollata. Mahdollista olisi sekajätteen esikäsittely ennen polttoa, jolloin magneettiset rautametallit voitaisiin erotella, joskin talteen saataisiin vain osa tinatusta teräksestä (Kuusiola 2010).

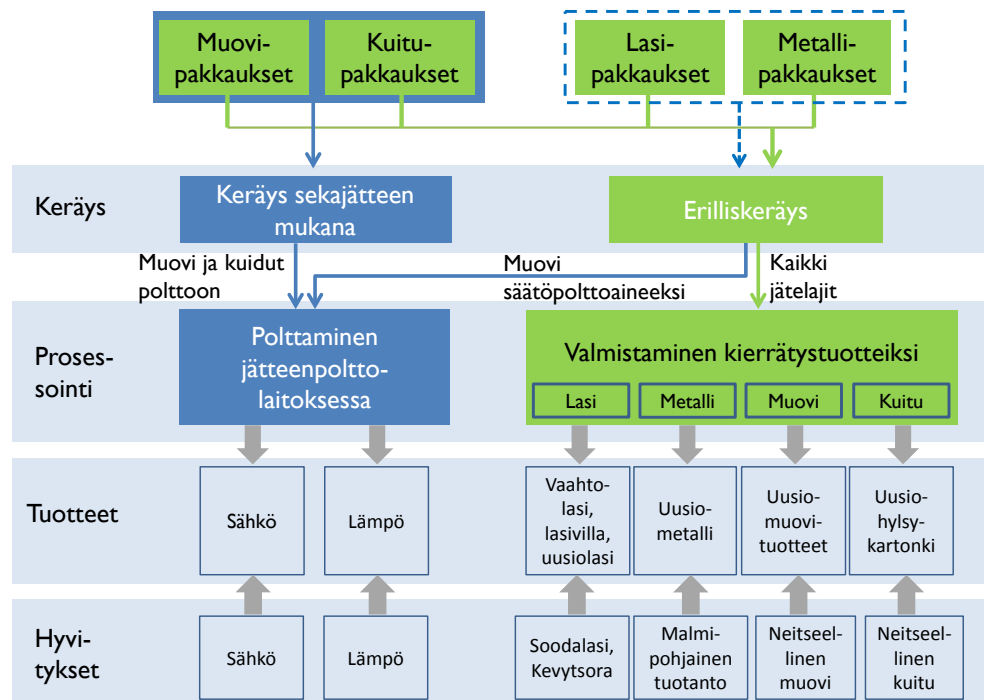
7.6

Vaikutukset sekajätteen keräykseen

Kun tehdään järjestelmävertailua pakkausjätteen keräyksen erilaisista vaihtoehdoista, pitää käytännössä ottaa huomioon myös muutokset sekajätteen keräyksessä. Koska vaikutukset sekajätteen nykyiseen keräykseen katsottiin vähäisiksi, ei selvityksessä mallinnettu sekajätteelle vastaavaa tarkasteluketjua kuin pakkausjätteille (ks. luku 5.4). Jättemäärissä vaikutukset olisivat seuraavat. Järjestelmävaihtoehdossa 1, jossa muovi- ja kuitupakkausjätteet ohjautuvat sekajätteen mukana polttoon, nykyiset erilliskerätyt kuitu- ja muovipakkausjakeet, 674 t/a, siirtyvät takaisin sekajätteen keräykseen. Painoprosentteina lisäys nykyiseen sekajättemäärään on vain 1 %. Vaihtoehdoissa 2 ja 3 pakkausjätefraktiot erilliskerätään, jolloin nykyisin kerätyn sekajätteen määrästä poistuu noin 5 painoprosenttia. Vaikka tilavuuksina muutokset ovat selvästi suuremmat, kokonaismuutos sekajätteen olemassa olevassa keräyksessä lienee vähäinen, koska sekajätteet kerätään pakkaavalla jäteautolla ja keräysvälineissä ja -ajoneuvoissa on aina käytännössä täyttövajetta. Näin ajatellen voidaan tulkita, että sekajätteen seassa keräten muovi- ja kuitupakkausten keräyksen ympäristö- ja kustannusvaikutukset ovat alhaisemmat kuin aluekeräysvaihtoehdossa. Tätä päätelmää tukevat myös muut aiemmat vertailut sekajätteen ja aluekeräyksen tonnikohtaisista vaikutuksista (ks. luku 5.4).

8 Elinkaaritarkastelun tulokset

Luvussa 7 esitettiin pohjoisen alueen keräys- ja kuljetusjärjestelmän tuottamat ilmastomuutosvaikutus, fossiilisten luonnonvarojen ehtymisvaikutukset ja kustannusvaikutukset. Keräys- ja kuljetusvaiheen vaikutuksista ei kuitenkaan yksinään voida tehdä päätelmiä pakkausjätteiden keräyksen mielekkyydestä. Keräyksen ja kuljetusten vaikutukset tulee rinnastaa muihin elinkaaren aikaisiin vaikutuksiin, jotka syntyvät, kun kerättyjä pakkausjätteitä hyödynnetään kierrättämällä tai polttamalla. Elinkaariajattelun periaatteita noudattaen tarkastelussa otetaan huomioon hyödyntämisen tuottamat hyvitysvaikutukset (ks. luku 6). Tätä tarkoitusta varten tarkastelussa laadittiin järjestelmämallinnus, jossa kullekin pakkausjätteelle oletettiin hyödyntämiskohde (ks. luku 2.2). Mallinnetut vaihtoehdot on esitetty uudestaan kuvassa 14.



Kuva 14. Elinkaaritarkastelun järjestelmämallinnus

Tuloksissa tarkasteltavat vaihtoehdot

Luvussa 6.6 todettiin muovin säätöpolttoainevaihtoehdon käytännön toteutuksen epävarmuus, mutta myös se, ettei vaihtoehto tuota nettomääräisesti vältettyjä kasvihuonekaasupäästöjä yhteiskunnalle. Muovin osalta säätöpolttoainekäyttö (vaihtoehto 3) pudotetaan pois tulokäsittelystä. Näin vähennetään myös koko pakkausjätevirran tarkasteluvaihtoehdot kahteen: vaihtoehtoon 1, jossa on mukana energiahyödyntäminen muoville ja kuiduille, ja vaihtoehtoon 2, jossa kaikki pakkausjätefraktiot kierrätetään.

Tuloksissa tarkasteltavat vaihtoehdot on koottu taulukoihin 19 ja 20. Taulukossa 19 tarkastelut ovat matriisimuodossa siten, että jätefraktioittain tehdyt elinkaaritarkastelut luetaan sarakkeittain ja koko pakkausjätevirralle tehdyt tarkastelut riveittäin. Lisäksi taulukossa 20 on esitetty eri vyöhykkeet ja keräysjärjestelmämallinnukset (luku 5.3, vaihtoehdot A-C), joita käytettiin. Tulosten esittämisen yhteydessä osoitetaan, mitä tarkastelun osa-aluetta kulloisetkin tulokset koskevat.

Taulukko 19. Tuloksissa tarkasteltavat hyödyntämisvaihtoehdot jätefraktioittain (sarakkeet) ja kokonaisketjuittain (rivit)

		Lasi	Metalli	Kuidut		Muovi	
		Kierrätys	Kierrätys	Kierrätys	Poltto	Kierrätys	Poltto
Vaihtoehto 1	Hyödyntäminen	Kierrätys vaahtolasiksi	Kierrätys uusio-metalliksi		Poltto sekajätteen seassa		Poltto sekajätteen seassa
	Vältetty prosessi	Kevytsooran valmistus	Malmipohjainen metallin tuotanto		Turpeen otto ja poltto (80%), puuhakkeen (20%) poltto		Turpeen otto ja poltto (80%), puuhakkeen (20%) poltto
Vaihtoehto 2	Hyödyntäminen	Kierrätys vaahtolasiksi	Kierrätys uusio-metalliksi	Kierrätys hylsy-kartongiksi		Kierrätys uusio-muoviksi	
	Vältetty prosessi	Kevytsooran valmistus/	Malmipohjainen metallin tuotanto	Flutingin valmistuksen välttäminen		Neitseellisen muovin valmistus	

Taulukko 20. Tuloksiin vaikuttavat keräysjärjestelmämallinnukset

Vyöhykkeet	Keräysvälineisiin ja ajoneuvoihin liittyvät oletukset
Pitkä etäisyys	A. Pienet keräysvälineet, ei pakkaavat ajoneuvot
Keskipitkä etäisyys	B. Pienet keräysvälineet ja pakkaavat ajoneuvot
Kaupunki	C. Isot keräysvälineet (ml. puristinkontit)

Päästö- ja kustannusvaikutukset jätefraktioittain

Luvuissa 6 ja 7 raportoitiin keräysvaiheen, siirtokuljetusten ja hyödyntämisen vaikutuksia keräysvyöhykkeittäin ja pakkausjätelajeittain. Tässä luvussa elinkaaren eri vaiheet kootaan yhteen niin ilmastomuutosvaikutuksen, luonnonvarojen ehtymisvaikutusten kuin kustannustenkin osalta, jolloin voidaan tarkastella kunkin pakkausjätefraktion keräyksen vaikutuksia suhteessa muuhun elinkaareen.

Keräyksen osalta tarkasteltavaa aluetta käsitellään kokonaisuutena ja keräysväline- ja ajoneuvomallinnuksen osalta raportoidaan ääripäät eli tilanne, jossa keräys järjestetään pienillä keräysvälineillä ilman puristavia ajoneuvoja ja tilanne, jossa ovat käytössä syväkeräyssäiliöt ja puristinkontit.

		Lasi	Metalli	Kuidut		Muovi	
		Kierrätys	Kierrätys	Kierrätys	Poltto	Kierrätys	Poltto
Vaihtoehto 1	Hyödyntäminen	Kierrätys vaahtolasiksi	Kierrätys uusio-metalliksi		Poltto sekajätteen seassa		Poltto sekajätteen seassa
	Vältetty prosessi	Kevytsooran valmistus	Malmipohjainen metallin tuotanto		Turpeen otto ja poltto (80%), puuhakkeen (20%) poltto		Turpeen otto ja poltto (80%), puuhakkeen (20%) poltto
Vaihtoehto 2	Hyödyntäminen	Kierrätys vaahtolasiksi	Kierrätys uusio-metalliksi	Kierrätys hylsy-kartongiksi		Kierrätys uusio-muoviksi	
	Vältetty prosessi	Kevytsooran valmistus/	Malmipohjainen metallin tuotanto	Flutingin valmistuksen välttäminen		Neitseellisen muovin valmistus	

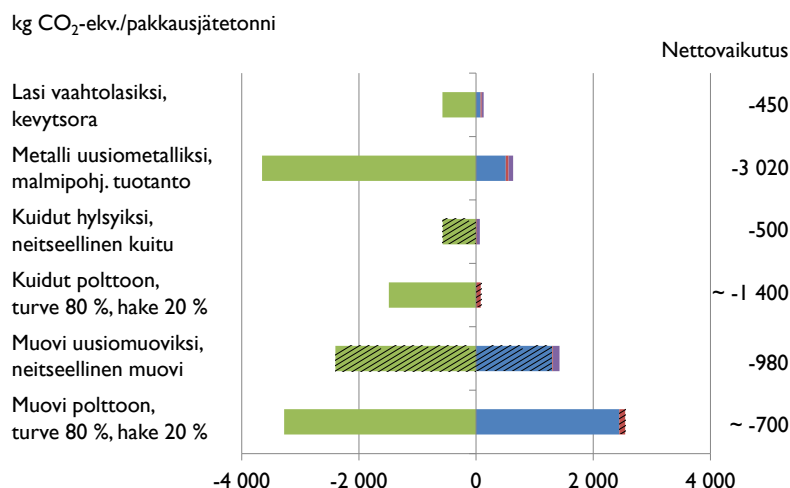
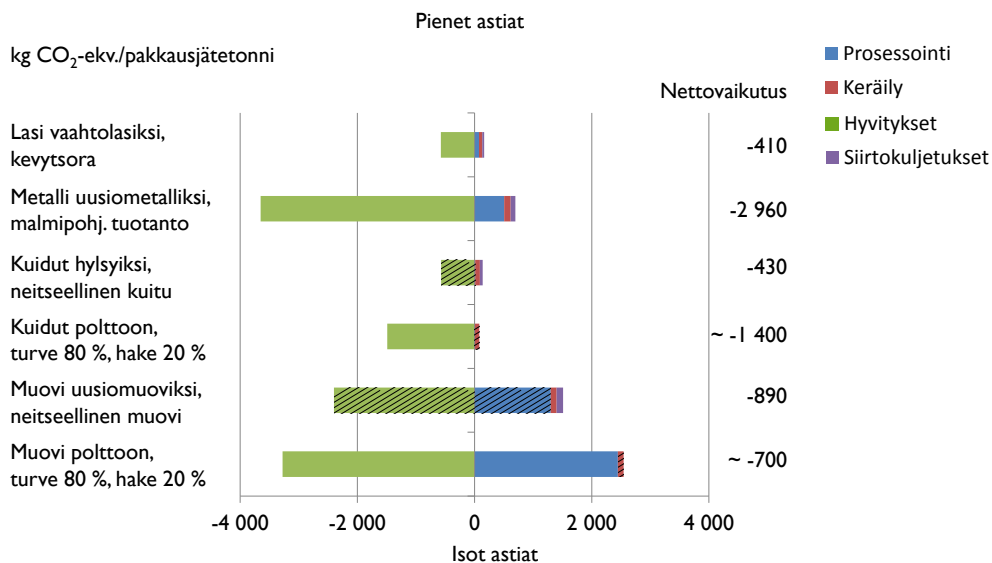
Vyöhykkeet
Pitkä etäisyys
Keskipitkä etäisyys
Kaupunki

Keräysvälineisiin ja ajoneuvoihin liittyvät oletukset
A. Pienet keräysvälineet, ei pakkaavat ajoneuvot
B. Pienet keräysvälineet ja pakkaavat ajoneuvot
C. Isot keräysvälineet (ml. puristinkontit)

8.2.1

Ilmastomuutosvaikutus jätefraktioittain

Kuvassa 15 on esitetty pakkausjätefraktioittain ilmastomuutosvaikutukset kutakin kerättyä jätetonnin kohden. Elinkaaren eri vaiheisiin liittyviä epävarmuuksia on pyritty havainnollistamaan päästö-palkin viivoituksella. Suurimmat epävarmuudet laskennassa liittyvät oletuksiin erilliskerätyn muovipakkausjätteen prosessoinnin päästöistä ja neitseellisen muovin korvaamisen mahdollisuuksista (ks. luku 6.4). Kuitupakkausten kierrätyksessä hyvitysoletus neitseelliseen kuituun nähden on teoreettinen, mitä on niin ikään havainnollistettu viivoituksella (luku 6.3). Epävarmaa oli lisäksi, millainen päästövaikutus syntyy, kun muovi- ja kuitupakkausjäte kerätään sekajätteen seassa (luku 5.4). Kuvassa 15 on havainnollistettu päästöt sekajätteen seassa tapahtuvasta keräyksestä (muovi polttoon, kuidut polttoon) korkeintaan yhtä suurina kuin aluekeräyksessä.



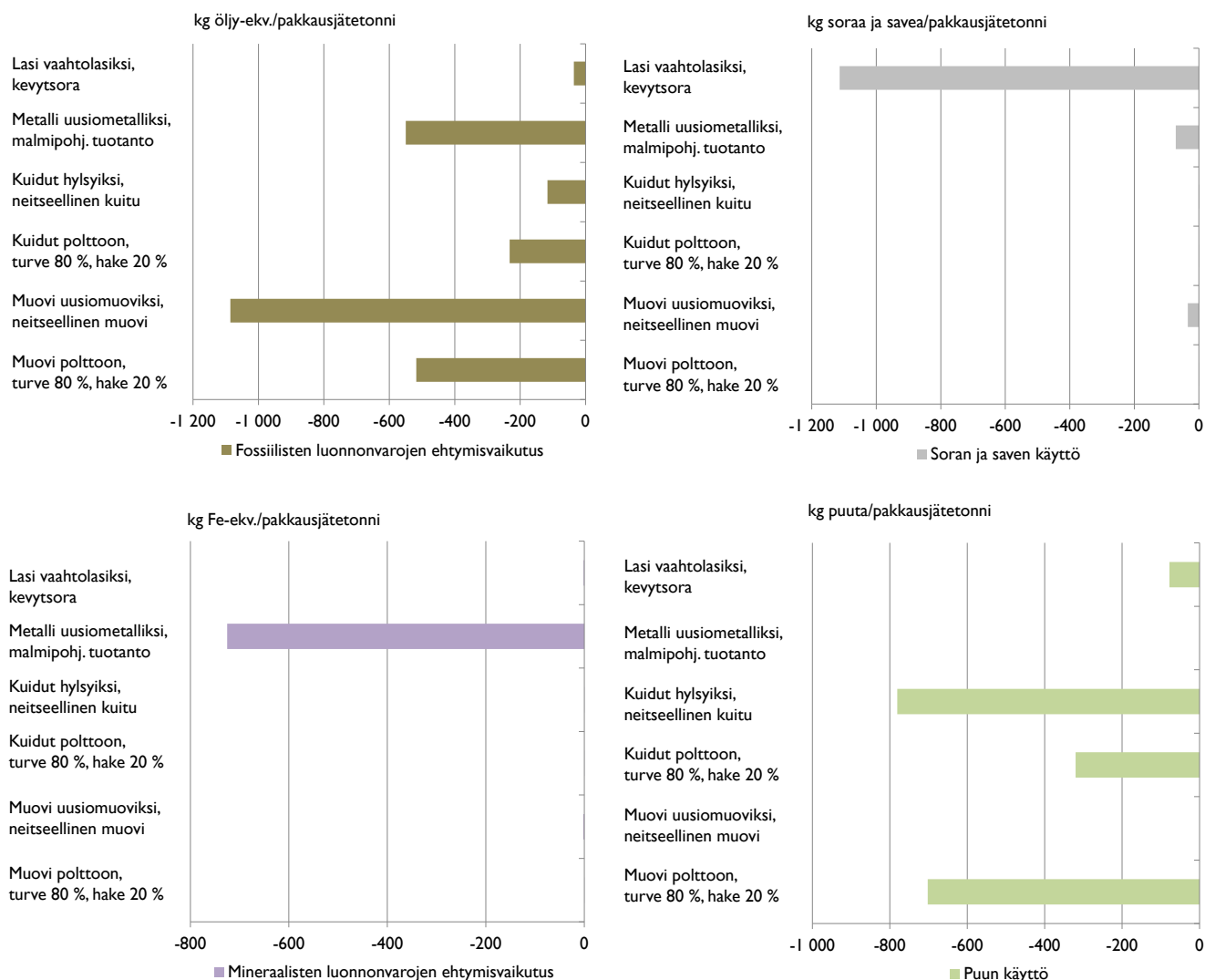
/// epävarmuus vaikutuksen suuruudesta

~ indikoi epävarmuutta vaihtoehdon keräysvaiheen päästöistä

Kuva 15. Elinkaaren aikaiset kasviuonekaasupäästöt eri hyödyntämisvaihtoehdoista kutakin kerättyä pakkausjätetonna kohden

Tyypillisessä jätehuollon elinkaarianalyysissä keräys- ja kuljetusvaiheen CO₂-ekv. päästöt ovat vain pieni osa, 10–20 % pakkausjätteiden elinkaaren suorista kokonaispäästöistä (Myllymaa ym. 2008a, Kiviranta 2009, Kuusiola 2010). Sama tulos pätee myös muualla kuin Suomessa tehdyille tarkasteluille. Esimerkiksi Eisted ym. (2009) raportoivat kootusti jätteenkeräyksen kasviuonekaasupäästöjä erityyppisillä keräysosuuksilla. Tässä tuotetut, pohjoista aluetta kokonaisuutena koskevat luvut ovat jonkin verran suuremmat kuin Eistedin ym. antama haarukka maaseudun aluekeräyksen päästöistä. Tarkastelussa pakkausjätelajikohtainen vaihtelu on kuitenkin suurta. Keräys- ja kuljetusvaiheen vaikutukset ovat absoluuttisesti suurimmat metallipakkauksille osin siksi, etteivät metallit tiivisty keräysvaiheessa ja osin siksi, että valtaosa kerätyistä metallipakkauksista viedään Saksaan kierrätettäväksi. Vastaavasti keräyksen päästöt ovat isot muovin ja kartongin erilliskeräyksessä, jos niitä ei tiivistetä (pienet keräysvälineet) ja siirtokuljetusten osalta muoville, koska kuljetuksissa on mukana merirahdit Saksaan ja osalle materiaalista edelleen Saksasta Kiinaan.

Vaikka keräys- ja kuljetusvaiheen päästöjen suhteelliset osuudet ovat verrattain isoja pohjoista haja-asutusalueita tarkasteltaessa, eivät päästöt silti ole ratkaisevia nettovaikutuksen kannalta, kun tarkasteluun otetaan jätteen koko elinkaari. Kaikissa



Kuva 16. Elinkaaren aikaiset nettomääräiset luonnonvarojen ehtymisvaikutukset FD- ja MD-vaikutusluokissa sekä puun, soran ja savea nettomääräinen kulutus pakkausjätefraktioittain kutakin kerättyä pakkausjätetonna kohden. (Luonnonvarojen ehtymisvaikutuksia (MD ja FD) ei voi verrata puun, soran ja savea kulutusta kuvaaviin kilomääriin niiden taustalla olevan laskennan erilaisuudesta johtuen. Myöskään FD- ja MD-vaikutusluokkia ei ole painotettu suhteessa toisiinsa, joten ne eivät ole keskenään vertailukelpoisia.)

tarkasteltavissa vaihtoehtoissa korvattavien raaka-aineiden ja prosessien tuottamat hyvitysvaikutukset dominoivat. Tulos pätee myös tilanteessa, jossa luovutaan tyhjennystarpeen optimoivasta keräysjärjestelmämallinnuksesta ja käytetään määrättyä tyhjennystiheyttä, esimerkiksi kaikkien keräyspisteiden tyhjennys koko pohjoisella alueella kerran viikossa. Vaikka keräysvaiheen tonnikohtaiset päästöt keskimäärin nelinkertaistuvat optimoivaan mallinnukseen nähden, on niiden suuruusluokka merkityksetön jätteenhyödyntämisestä saataviin hyötyihin nähden. Edes päästövaikutusten kymmenkertaistuminen ei kumoa saavutettavia hyötyjä.

Hyötyjä saadaan myös kuvassa 15 esittämättömissä lasin hyödyntämisvaihtoehtoissa, joissa lasipakkausjäte hyödynnetään lasivillaksi tai uusiolasiksi (ks. luku 6.1). Tulokset kierrätyksen selkeistä ympäristöhyödyistä ovat yhtenevät lukuisten muiden tutkimusten kanssa (mm. Merrild ym. 2012, Tyskeng ja Finnveden 2007, WRAP 2006). Kuitu- ja muovijätteen energiahyödyntämisvaihtoehdossa nettohyvitysten toteutuminen ja suuruus riippuu korvattavista polttoaineista ja oletuksista koskien jättepolttoaineen lämpöarvoa ja CO₂-päästökerrointa (luku 6.5). Elinkaaritarkastelussa polttamalla muovi- ja kuitupakkausjätettä turpeen ja puun sijaan saadaan nettomääräisesti päästöhvytyksiä, vaikka oletukset jäteperäisen polttoaineen ominaisuuksista muutetaan

vastaamaan kierrätyspolttoainetta (nettohyvitys noin 1250 kg CO₂-ekv.) tai sekajätettä (nettohyvitys noin 500 kg CO₂-ekv.). Korvaavuusoletuksissa huomionarvoista on, että muovipakkausjätteen polttamisen tuottamat hyvitykset hupenevat, kun puuhakkeen osuus korvattavissa polttoaineissa kasvaa ja turpeen osuus tippuu alle 60 prosentin.

8.2.2

Luonnonvarojen ehtymisvaikutus jätefraktioittain

Jätteen keräyksen ja kuljetuksen luonnonvaroja ehdyttävä vaikutus syntyy dieselin käytöstä polttoaineena. Keskimäärin jätetonnin kuljettamiseen tarvittava diesel aiheuttaa 12 kg öljy-ekv. FD-vaikutuksia ja alle kilon Fe-ekv. MD-vaikutuksia sekä kuluttaa alle kilon soraa ja savea. Erot eri keräysjärjestelmämallinnusten (luku 5, A–C) ovat pieniä, ± 4 kg esim. FD-vaikutuksia tarkasteltaessa. Pakkausjätteitä hyödynnettäessä aiheutuu jonkin verran luonnonvarojen ehtymisvaikutuksia, eniten FD-vaikutuksia uusiometallin valmistuksessa (200 kg öljy-ekv./keräysmetallitonni). Puuta kuluu hylsykartongin valmistuksessa 180 kg /keräyskuitutonni. Kokonaisuudessaan keräyksen ja hyödyntämisen luonnonvaravaikutukset ovat pieniä verrattuna korvausoletuksista saataviin hyvityksiin (luku 6). Koska hyvitykset ovat suuria jätehuollon suoriin luonnonvaravaikutuksiin nähden, hidastetaan kunkin pakkausjätefraktion elinkaariketjussa merkittävästi luonnonvarojen ehtymistä.

Graafisessa tarkastelussa keräysvaiheen kuljetuksia ei pystyttäisi visuaalisesti havaitsemaan – riippumatta valitusta keräysjärjestelmämallinnuksesta A–C – ja vain siirtokuljetukset näyttäytyisivät pieninä osuuksina. Kuvassa 16 onkin esitetty nettomääräiset säästöt pakkausjätefraktioittain jaoteltuina MD-vaikutuksiin, FD-vaikutuksiin, puun käyttöön sekä maa-ainesten käyttöön. Keräysten ja kuljetusten vaikutukset ovat mukana laskennassa, mutta vaiheen luonnonvaroja ehdyttävä vaikutus on vielä vähäisempi elinkaariketjun kannalta kuin ilmastonmuutosvaikutusluokassa.

8.2.3

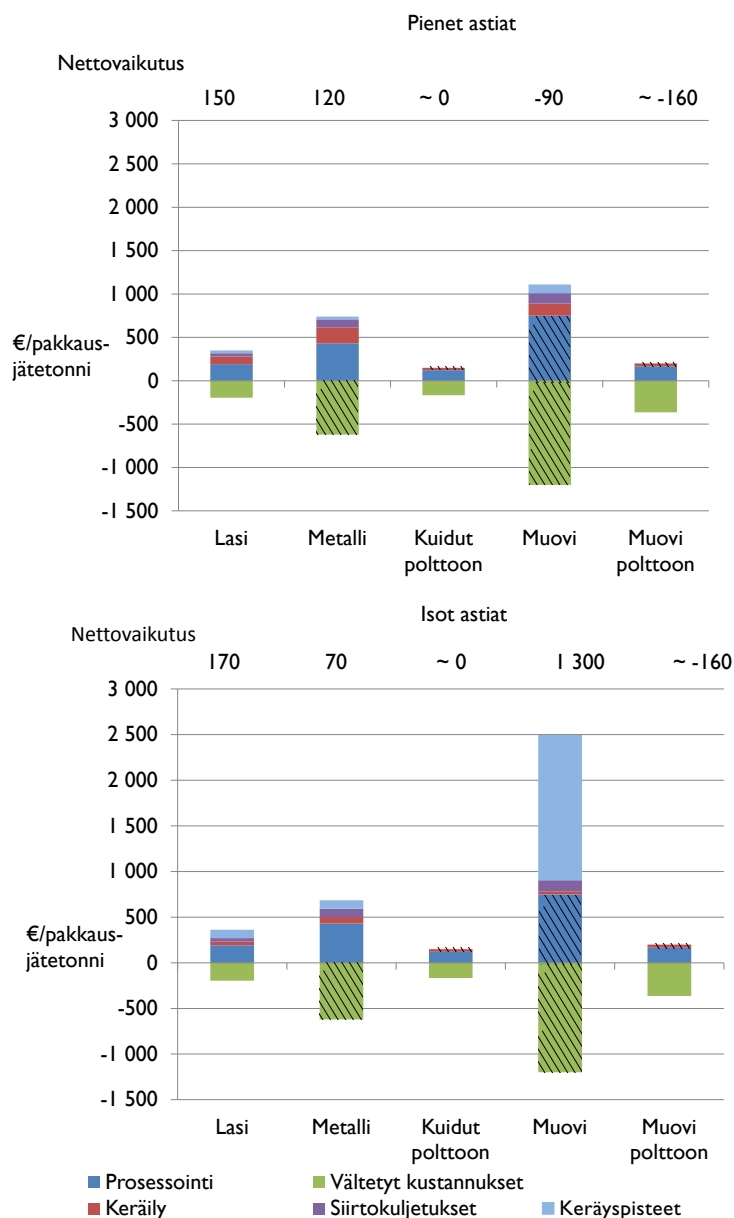
Kustannusvaikutus jätefraktioittain

Vaikka keräys- ja kuljetusvaiheen ilmastonmuutosvaikutukset tai luonnonvarojen ehtymisvaikutukset eivät ole ratkaisevia pakkausjätteen koko elinkaaren vaikutuksia tarkasteltaessa, kustannusten kannalta tilanne on toinen. Tyhjennystaajuuden optimoivassa tarkastelussa keräysvaiheen ja kuljetusten kustannukset ovat keskimäärin noin 40 % elinkaaren aikana syntyvistä kustannuksista (kuva 17). Jos käytetään mallinnetun järjestelmän sijaan ennalta määrättyä tyhjennysväliä, esimerkiksi tyhjennys kerran viikossa kaikissa alueen keräyspisteissä, nousevat tonnikohtaiset keräyskustannukset merkittävästi ja niiden osuus kohoaa elinkaaren aikana syntyvistä päästöistä lähes 70 prosenttiin. Tulos noudattaa elinkaariajattelulla toteutettujen jätehuollon kustannustarkastelujen yleistä linjaa, joissa kuljetusten osuus elinkaaresta vaihtelee pääsääntöisesti 40–80 % välillä tehdystä tarkastelusta riippuen (mm. Myllymaa ym. 2008a, Lundin 2004, Sonesson 2000).

Kuten keräyskustannuksiin, myös muihin kustannustekijöihin liittyy epävarmuuksia. Syynä tähän on luotettavan lähtötiedon puute, kun yksittäisistä prosesseista ei ole julkisesti saatavilla olevia lukuja. Kuvassa 17 suurimpia epävarmuuksia on pyritty havainnollistamaan viivoituksella. Lisäksi epävarmuutta on kustannuksesta, joka syntyy, kun kuitu- ja muovipakkaukset kerätään muun sekajätteen mukana (ks. luku 5.4); tältä osin käytetään korkeintaan samaa kustannusta kuin aluekeräysvaihtoehdossa. Käytetyillä oletuksilla voidaan todeta, että yhteiskunnan näkökulmasta kierrättämisen kustannukset ylittävät siitä saatavat kustannussäästöt. Toisin kuin ympäristövaikutusten tarkastelussa kustannustarkastelussa pakkausjätteiden hyödyntäminen ei pääasiallisesti näyttäydy yhteiskunnallisena nettohyötynä. Pakkausjätteiden hyödyntämisestä saatavat vältetyt kustannukset eivät ole riittävän suuria, jotta ne kumoaisivat keräys- ja

kuljetusvaiheen kustannukset. Jätteen keräyksen kustannukset ovat kuitenkin aina suuret, myös silloin, kun pakkausjätteet kerätään sekajätteen seassa.

Suuntaa-antavissa arvioissa nettokustannussäästöjä saavutetaan lähinnä polttamalla muovia sekajätteen seassa, mutta tämäkin tulos pätee vain, jos voidaan olettaa Tilastokeskuksen polttoaineluokituksen (2011) tehollinen lämpöarvo (33 GJ/t) ja CO₂-oletuspäästökerroin (74,1 kg/GJ). Myös kuitujen polttaminen sekajätteen seassa on kustannusneutraali vaihtoehto, mutta vertailua kuidun kierrättämiseen ei voida tehdä puuttuvan lähtötiedon takia (ks. luku 6.3). Lasin, metallin ja muovin kierrätyksessä vältetyt kustannukset ovat – epävarmuudet huomioiden – pääasiallisesti suurempia kuin jätteen prosessoinnin kustannukset. Keräys- ja kuljetusvaiheen kustannusten suuruus kuitenkin merkitsee, että kierrätysvaihtoehdot eivät tuota yhteiskunnalle kustannussäästöjä.



▨ epävarmuus vaikutuksen suuruudesta

~ indikoi epävarmuutta vaihtoehdon keräysvaiheen päästöistä

Kuva 17. Elinkaaren aikaiset kustannukset eri hyödyntämisvaihtoehdoista kutakin kerättyä pakkausjätetonna kohden

Päästö- ja kustannusvaikutukset kokonaistarkastelusta

Kun pakkausjätefraktiokohtaiset tulokset kootaan yhteen kaikkien pakkausjätteiden osalta, voidaan vertailla kahden vaihtoehtoisen kokonaisjärjestelmän tuloksia keskenään. Vaihtoehtoon 3 tulostarkastelu pudotettiin pois (ks. luku 8.1), koska muovin säätöpolttoainekäytölle ei löytynyt ilmastomuutosvaikutuksen kannalta tukea (ks. luku 6.6). Tulokset on laskettu pohjoiselle alueelle kokonaisuutena ja raportoidaan keräysväline- ja ajoneuvo-oletuksista B-vaihtoehtolle, joka todettiin taloudellisesti edullisimmaksi kokonaisuudeksi.

		Lasi	Metalli	Kuidut		Muovi	
		Kierrätys	Kierrätys	Kierrätys	Poltto	Kierrätys	Poltto
→ Vaihtoehto 1	Hyödyntäminen	Kierrätys vaahtolasiksi	Kierrätys uusio-metalliksi		Poltto sekajätteen seassa		Poltto sekajätteen seassa
	Vältetty prosessi	Kevytsoran valmistus	Malmipohjainen metallin tuotanto		Turpeen otto ja poltto (80%), puuhakkeen (20%) poltto		Turpeen otto ja poltto (80%), puuhakkeen (20%) poltto
→ Vaihtoehto 2	Hyödyntäminen	Kierrätys vaahtolasiksi	Kierrätys uusio-metalliksi	Kierrätys hylsy-kartongiksi		Kierrätys uusio-muoviksi	
	Vältetty prosessi	Kevytsoran valmistus/	Malmipohjainen metallin tuotanto	Flutingin valmistuksen välttäminen		Neitseellisen muovin valmistus	

Vyöhykkeet
Pitkä etäisyys
Keskipitkä etäisyys
Kaupunki

Keräysvälineisiin ja ajoneuvoihin liittyvät oletukset
A. Pienet keräysvälineet, ei pakkaavat ajoneuvot
B. Pienet keräysvälineet ja pakkaavat ajoneuvot
C. Isot keräysvälineet (ml. puristinkontit)

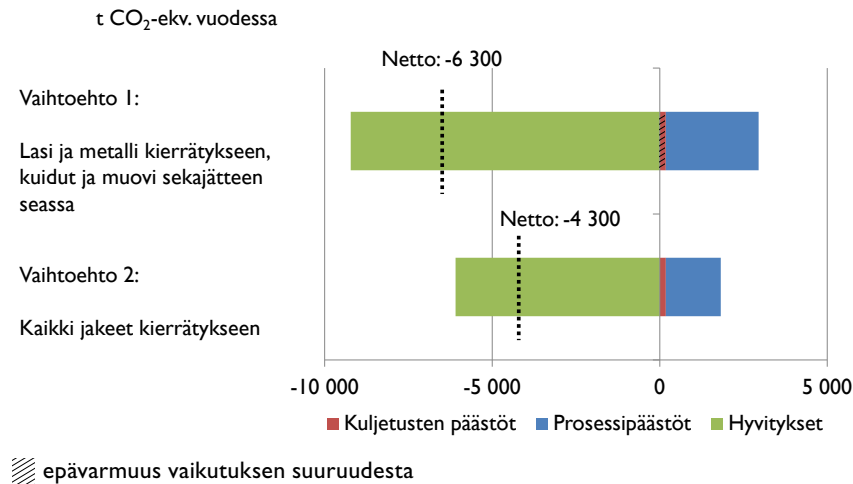
8.3.1

Ilmastomuutosvaikutus vertailtavissa vaihtoehtoisissa

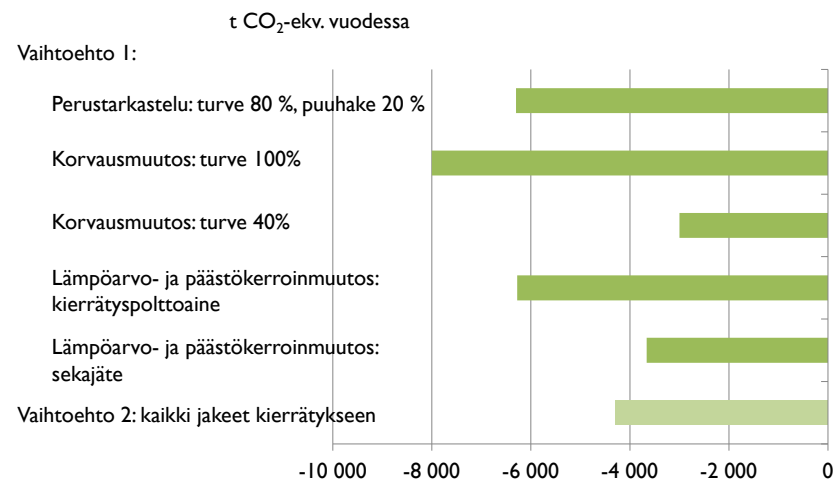
Tehdyillä oletuksilla ilmastoon kannalta on edullisempaa toteuttaa vaihtoehto, jossa kuitu- ja muovipakkaukset hyödynnetään energiaksi (kuva 18). Ero syntyy oletetuista hyvityksistä eikä keräysvaiheen päästöillä ole merkitystä vaihtoehtojen keskinäiselle järjestykselle. Vaihtoehtoon 1 keräysvaiheen päästöjen epävarmuutta, kun kuitu- ja muovipakkaukset kerätään sekajätteen seassa (ks. luku 5.4), on havainnollistettu kuvassa 18 viivoituksella. Kokonaislaskelmassa keräysvaiheen päästöt on oletettu yhtä suuriksi kummassakin vaihtoehtossa. Kuva 18 havainnollistaa, että kuljetusten päästöt-palkin kymmenkertistuminenkaan ei kumoa hyödyntämisestä saatavia hyötyjä.

Saavutettu tulos on herkkä oletuksille, joita tehdään korvattavasta energiantuotannosta ja jäteperäisen polttoaineen ominaisuuksista (kuva 19). Kuitu- ja muovi-

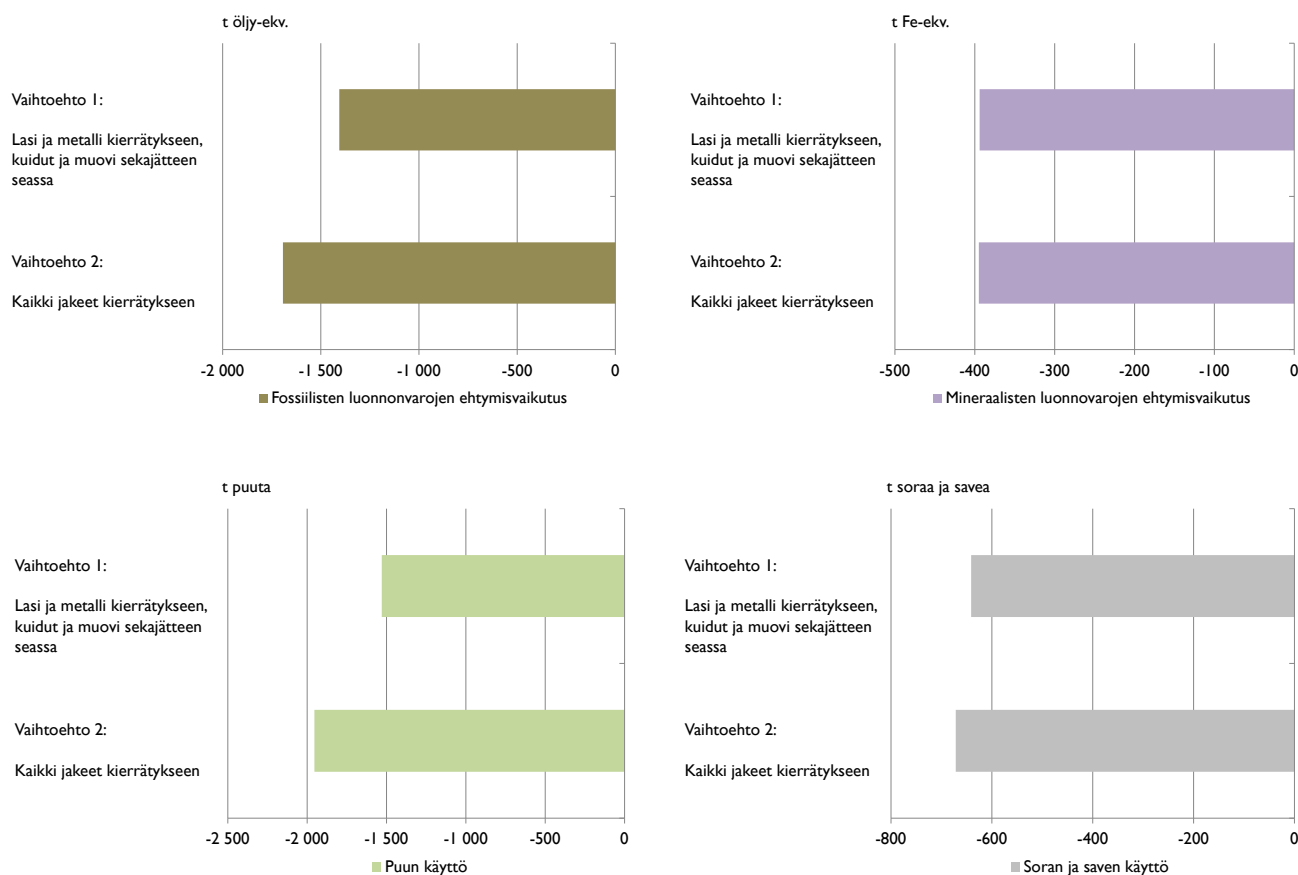
pakkausten energiahyödyntäminen on kannattavaa vain niin kauan, kun turpeen osuus korvattavissa polttoaineissa on yli 60 %. Sekajätteen lämpöarvon käyttäminen sekajätteen seassa kulkevalle kuitu- ja muovijakeelle tuottaa niin ikään vähemmän päästöhyvityksiä kuin jakeiden erilliskerääminen ja kierrättäminen. Epävarmuutta liittyy tosin myös kuluttajamuovipakkausten kierrätettävyyteen (ks. luku 6.4), eikä vaikutusta ei ole tässä pystytty tarkastelemaan.



Kuva 18. Vuotuinen ilmastomuutosvaikutus kahdesta vertailtavasta järjestelmävaihtoehdosta



Kuva 19. Korvattavassa energiantuotannossa tehtyjen oletusten ja jäteperäisen polttoaineen ominaisuuksien muutoksen vaikutus kokonaistarkastelun vuotuisiin nettopäästöihin



Kuva 20. Vuotuinen luonnonvarojen ehtymisvaikutus FD- ja MD-vaikutusluokissa sekä vuotuinen puun, soran ja saven käyttö kahdesta vertailtavasta järjestelmävaihtoehdosta

8.3.2

Luonnonvarojen ehtymisvaikutus vertailtavissa vaihtoehtoisissa

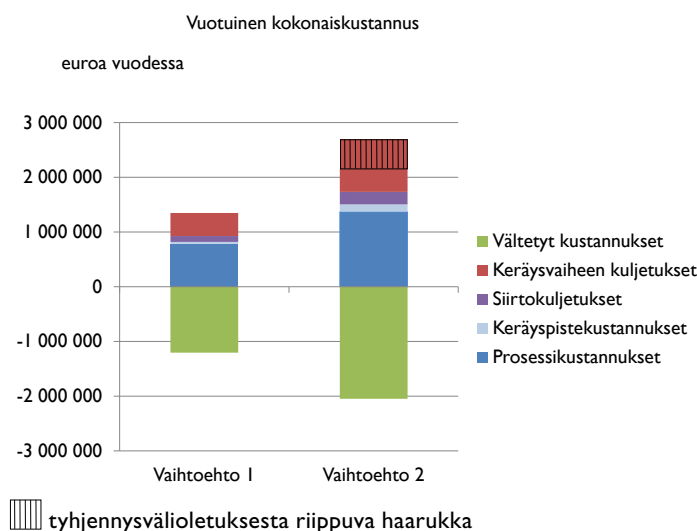
Mineraalisten ja fossiilisten luonnonvarojen ehtymistä hidastetaan ja puun, soran ja saven käyttöä vältetään enemmän silloin, kun kaikki pakkausjätteet kierrätetään verrattuna tilanteeseen, jossa kuitu- ja muovipakkausjätteet poltettaisiin (kuva 20). MD-vaikutusluokassa ei synny käytännössä eroa, koska metallipakkaukset kierrätetään uusiometalliksi kummassakin vaihtoehdossa ja pääosin ehtymistä hidastetaan välttämällä juuri alumiinin ja teräksen valmistusta. Myös soran ja saven nettomääräinen vältetty kulutus on samaa luokkaa kummassakin järjestelmävaihtoehdossa. Merkittävimmät erot syntyvätkin puun käytössä ja FD-vaikutusluokassa. Kun kuitupakkausjätteet kierrätetään polton sijaan (vaihtoehto 2), vältetään puun käyttöä 30 % enemmän kuin hyödynnettäessä ne energiana (vaihtoehto 1). Tosin puuhakkeen osuuden kasvattaminen korvattavissa polttoaineissa tasaisi eroa. Tällöin vastaavasti fossiilisia luonnonvaroja kuluisi vähemmän kun hake syrjäyttäisi turvetta korvausoletuksissa. Fossiilisten luonnonvarojen ehtymistä hidastetaan kierrätysvaihtoehdossa (vaihtoehto 2) 20 % enemmän kuin vaihtoehdossa 1; merkittävän ero juontuu muovijätteen hyödyntämisestä. Tehdyillä korvausoletuksilla FD-vaikutuksia vähennetään enemmän, jos muovi voidaan kierrättää korvaamaan neitseellisesti valmistettua muovia sen sijaan, että se hyödynnetään energiaksi korvaamaan turvetta ja puuhaketta energialähteinä. Hakkeen osuuden kasvu korvattavissa polttoaineissa parantaa edelleen kierrätysvaihtoehdon edullisuutta FD-vaikutusluokassa.

Kustannusvaikutus vertailtavissa vaihtoehdoissa

Kahden järjestelmävaihtoehdon kustannusvertailua ei voida suorittaa yhdenvertaisesti ympäristövaikutusten vertailun kanssa, koska kuitupakkausten kierrätysvaihtoehdosta ei voitu lähtötiedon puutteessa tuottaa kustannustarkastelua (ks. luku 6.3). Kuvassa 21 kummassakin vaihtoehdossa oletetaan kuitupakkausten energiahyödyntäminen. Kahden järjestelmävaihtoehdon väliset erot syntyvät siten muovipakkausjätteen keräämisen, kierrättämisen ja energiahyödyntämisen vertailusta.

Koska kustannustarkastelussa keräys- ja kuljetusvaihe on oleellisessa asemassa, kuvassa 21 keräysvaiheen kuljetusten kokonaiskustannukset on esitetty kaikkien jakeiden aluekeräysvaihtoehdossa (vaihtoehto 2) haarukkana, jossa vähimmäiskustannukset määrittävät tyhjennystarpeen optimoivalla laskentamallilla. Jos taas oletetaan vuodessa viikoittainen tyhjennystarve, ollaan kuljetuskustannushaarukan yläpäässä. Koska tarkastelussa ei mallinnettu muovi- ja kuitupakkausjätteen keräämistä sekajätteen seassa, vaihtoehdon 1 (kuidut ja muovit polttoon) keräysvaiheen kustannus on epävarma. Vaihtoehdon 1 kokonaiskustannukset ovatkin esitettyä alhaisemmat, jos oletetaan, että muovijätteen keräys sekajätteen seassa on halvempaa kuin sen erilliskeräys.

Ilman keräysvaiheen kuljetusten huomioimista, kokonaiskustannuksissa syntyvä ero järjestelmävaihtoehtojen välillä, 40 000 euroa, häviää lähtötietojen ja mallinnuksen epävarmuuksiin. Ilmastomuutosvaikutuksen tarkastelussa (luku 8.2.1) oletetut korvattavat energiantuotantomuodot olivat oleellisessa asemassa. Kustannustarkastelun kannalta korvattavilla energialähteillä ei ole yhtä merkittävää vaikutusta turpeen ja puun toisiinsa kytköksissä olevan hinnan takia. Kustannusten kokonaistarkastelun kannalta paljon oleellisemmassa asemassa onkin se, miten tehokkaasti keräys- ja kuljetusvaihe pystytään järjestämään ja miten se suhteutuu saavutettaviin jätesaantoihin. Vaihtoehdon 2 (kierrätys kaikille jakeille) kuljetusvaiheen kustannukset alenevat yli 50 %, jos jätetään kokonaan erilliskeräämättä pitkän etäisyyden pakkausjätteet. Samalla jätesaanto alenee vain 12 %, mikä on myös lasku muissa kustannuksissa ja menetys hyvityksien kautta saatavissa kustannussäästöissä.



Kuva 21. Vuotuiset kokonaiskustannukset kahdesta vertailtavasta järjestelmävaihtoehdosta (kuitupakkaukset oletetaan poltettavan kummassakin vaihtoehdossa)

Keräysverkoston tiheyden ja pakkausjätteen saannon muutoksen merkitys

Luvussa 7.4 arvioitiin vaikutusta, joka syntyy perustarkasteluun verrattuna, jos keräysverkoston tiheyttä muutetaan. Samalla vuotuiset erilliskeräyksen asukaskohtaiset jätesaannot joko vakioitiin tai annettiin muuttua 8 ja 52 kilon välillä. Koska keräysvaiheen ympäristövaikutukset eivät ole ratkaisevia koko elinkaaren kannalta, eivät keräysjärjestelmämallinnuksessa tapahtuvat muutokset vaikuta päätelmään: Pakkausjätteitä hyödyntämällä säästetään luonnonvaroja ja vältetään kasvihuonekaasupäästöjä enemmän kuin mitä jätehuollon aikana kulutetaan ja tuotetaan. Näin on siitä huolimatta, että jäte kerätään pitkien kuljetusetäisyyksien päästä.

Oletetulla erilliskeräyksen saannolla on merkitys kokonaistarkastelusta saatavien hyötyjen kannalta. Jätetonnikohtaiset ympäristövaikutukset (kuvat 15 ja 16) eivät muutu kuin vähän kuljetusten vaikutusten osalta, jos verkostotiheyttä tai saanto-oletusta muutetaan, mutta kokonaisvaikutuksissa (kuvat 18 ja 20) ratkaisevaa on, millaiseksi vuotuinen jätesaanto oletetaan. Oletusjätesaannon väheneminen 8 kiloon/asukas/vuosi (luku 7.4), kerryttää vain noin 1600 erilliskerättyä pakkausjätetonnin vuodessa. Kaikkien jakeiden kierrätysvaihtoehdossa (vaihtoehto 2) esimerkiksi nettomääräiset CO₂-ekv. päästöhyvitykset vähenevät yli 60 %, vain -1300 tonniin CO₂-ekv./vuodessa. Teoreettisen maksimisaannon, 52 kg/asukas/vuosi, oletaminen puolestaan nostaa erilliskeräyksen vuotuisen kokonaissaannon yli 10 000 pakkausjätetonnin ja nettomääräiset vältetyt CO₂-ekv. kierrätyksestä noin 10 000 tonniin vuodessa. Kokonaistarkastelun vaihtoehtojen 1 ja 2 keskinäiseen vertailuun muutoksilla ei kuitenkaan ole vaikutusta.

Kustannusarvioinnissa keräysjärjestelmää koskevat oletukset ovat toisenlaisessa asemassa. Kun keräysvaiheen ja kuljetusten kustannukset ovat yhteensä 50 % jätehuollon kustannuksista, keräysverkoston tiheydestä ja erilliskeräyksen saannosta tehtävät oletukset vaikuttavat myös tonnikohtaisiin tuloksiin keräysvaiheen kustannusten kautta. Käytännössä, jos keräysvälineiden tyhjennystarvetta ei pystytä optimoimaan kuten laaditussa mallinnuksessa, vaan keräys tehdään ennalta määrätyllä taajuudella, lisäys jätesaannoissa alentaa tonnikohtaisia kustannuksia ja oletettua alhaisemmat jätesaannot puolestaan kasvattavat tonnikohtaisia kustannuksia. Tämä tarkoittaa, että alhaisilla saannoilla ympäristöhyödyt jäävät pieniksi ja tonnia kohden laskettu kustannus suureksi.

Kotitalouksien jätteenlajittelun ja -kuljetusten merkitys

Aluekeräyksessä kotitaloudet lajittelevat pakkausjätteen sen syntypaikalla ja kuljettavat lajitellut jätteet aluekeräyspisteisiin. Tarkastelussa kotitalouksien lajittelutoiminnan vaikutukset rajattiin tarkasteltavan elinkaaren ulkopuolelle. Perusoletuksena oli myös, että kotitaloudet kuljettavat jätteitään aluekeräyspisteisiin autolla muun ajon yhteydessä (esim. kauppamatkat), jolloin kuljetuksesta ei aiheudu järjestelmää kuormittavia vaikutuksia. Tässä annetaan kuitenkin joitakin arvioita siitä, millaisia vaikutuksia syntyy kotitalouksien lajittelusta ja ennen kaikkea siitä, jos kuljetukset aluekeräykseen tapahtuvat vain jätteen kuljetusta varten ja ne lasketaan osaksi elinkaaritarkastelua.

Lajittelun ja kuljetusten vaikutuksia voidaan tarkastella esimerkiksi lajitteluun kuluvan ajankäytön kautta. Ajankäytön taloudellisen arvon huomioon ottamisesta ei kuitenkaan vallitse yksimielisyyttä, koska osalle kotitalouksista jätteiden lajittelu on mielekästä toimintaa, mikä kompensoi syntyviä kustannuksia (Buvoll ym. 2002).

Jos kustannuksia halutaan arvioida, voidaan käyttää esimerkiksi ruotsalaisen Naturvårdsverketin (2009) laskentatapaa, jossa keskimääräisen vuotuisen lajittelu- ja kuljetuskustannuksen jätetonnin kohden on arvioitu erinäisten oletusten perusteella olevan 15 euroa. Pohjoiselle alueelle siirrettynä tämä merkitsisi alle kahta euroa vuodessa asukasta kohden. Tosin pohjoisessa pidemmät keskimääräiset kuljetusmatkat kasvattaisivat kustannusta. Laskelmaan sisältyy oletus, että vain 12 % jätteenkuljetusmatkoista tehdään pelkästään tätä tarkoitusta varten.

Vaikutuksia voidaan arvioida myös pelkästään kuljetusten kautta. Tätä varten on tehtävä oletuksia kuljetuskilometreistä. Lapin alueen taajama-aste on noin 76 %. Jos oletetaan, että taajamassa kotitalouksien keskimääräinen etäisyys lähimmälle pakkausjätteen keräyspisteelle on noin yksi kilometri. Maaseutuväestön kuljetusetäisyys lähimmälle pakkausjätteen keräyspisteelle sen sijaan vaihtelee voimakkaasti kuntakohtaisesti. Keräsen (2003) paikkatietoanalyysin perusteella tarkasteltavalla pohjoisella alueella maaseutuväestön keskimääräinen etäisyys lähimpään taajamaan tieverkon kautta mitattuna on 26,7 kilometriä. Pisin etäisyys taajamaan on Enontekiöllä (48 km) ja lyhimät Rovaniemellä (6 km) ja Kemissä (5 km). Rovaniemeä ja Kemiä lukuun ottamatta etäisyys taajamaan on muissa kunnissa aina yli 15 km. Vastaavasti maaseutuväestöllä on lähimpään kauppaan keskimäärin matkaa 18,7 kilometriä, joskin tarkastelussa on otettu huomioon kyläkaupat ja kauppojen sijaintia koskeva aineisto on jo jonkin verran vanha.

Tässä oletetaan, että 76 % väestöstä kuljettaa jätteensä keskimäärin kilometrin päähän ja loput 24 % keskimäärin 26,7 kilometrin päähän. Laskennassa käytetään Lapin keskimääräistä asuntokunnan kokoa 2,07 (Tilastokeskus 2011), jolloin kotitalouksien määräksi taajamissa saadaan 73 759 kpl ja maaseudulla 23 292 kpl. Kuljetus oletetaan autokuljetukseksi, joka on taajamissa katuajoa ja maaseudulla maantieajoa. Laskenta tehdään erikseen vaihtoehtoillemme, joissa 1) kaikki ajomatkat tehdään vain jätteenkuljetusta varten ja 2) vain 12 % ajoista on pelkkää jätteenkuljetusta. Oletuksena vuotuisista kuljetuskertoista käytetään lukua kuusi eli jätettä viedään kerran kahdessa kuukaudessa lähes 8 kg kerrallaan. Laskennan lähtötiedot on esitetty taulukossa 21 ja tulokset taulukossa 22.

Taulukko 21. Lähtötiedot kotitalouksien jätteenkuljetuksesta

	Taajamaväestö	Maaseutuväestö
Kotitalouksia, lkm	73 759	23 292
Keskimääräinen kuljetusmatka, yhdensuuntainen, km	1 km	26,7 km
Kotitalouksien yhteenlasketut kuljetuskilometrit per kerta	147 518 km	1 277 809 km
Henkilöauton keskimääräinen CO ₂ -ekv. päästö kilometrillä LIPASTO-laskentajärjestelmässä (VTT 2012)	214 g CO ₂ -ekv./km	141 g CO ₂ -ekv./km
Henkilöauton käyttökustannus (ilman pääomakulua)	0,25 €/km	

Taulukko 22. Päästöt ja kustannukset kotitalouksien jätteenkuljetuksesta

Kuljetuskertoja vuodessa 6 kpl	Kuljetus muun ajon yhteydessä (perustarkastelun oletus)	Kaikki kuljetus allokoidaan jätehuollolle	12 % kuljetuksista allokoidaan jätehuollolle
Päästöt, kg CO ₂ -ekv./jätetonne	0	280	34
Kustannukset, €/jätetonne	0	471	57

Tulokset taulukossa 22 osoittavat, että on keskeistä sijoittaa aluekeräyspisteitä sellaisiin kohteisiin, että erilliset ajomatkat jätteenkuljetusta varten vältetään. Jos ajomatkoja tehdään pelkästään jätteenkuljetukseen, pakkausjätteen elinkaaren kokonaiskustannukset kasvavat ääritapauksessa jopa 60 prosentilla. Myös päästöt kasvattavat merkittävästi elinkaaren suoria päästöjä, mutta eivät riitä kumoamaan hyvitysvaikutuksia ainakaan kuudella vuotuisella kuljetuskerralla laskettuna. Tilanne olisi toinen, jos vuotuisia kuljetuskertoja oletettaisiin enemmän.

8.6

Tulosten luotettavuuden arviointi

Tulosten luotettavuuteen vaikuttavat tekijät liittyvät tässä selvityksessä pääasiallisesti lähtötiedon epätarkkuuksiin ja epävarmuuksiin sekä laskennassa tehtyihin oletuksiin.

Jätesaanto ja verkostotiheys

Luvussa 3 selvitettiin pakkausjätteiden nykyisiä määriä ja erilliskeräyksen potentiaalia. Erilliskeräyksen saannosta tehtiin oletus, joka johdettiin Ruotsissa jo pitkään käytössä olleen keräysjärjestelmän pohjalta. Luvussa 4 puolestaan laadittiin oletus tarkastelusta käytettävästä keräyspistetiheydestä. Oletussaannon ja -tiheyden muutoksen vaikutusta arvioitiin jossakin määrin luvuissa 7.4 ja 8.4, mutta käytännössä on vaikea johtaa yhteyttä keräyspistetiheyden ja erilliskeräyksen saannon välillä. Keräysjärjestelmämallinnuksen tuottamat tonnikohtaiset vaikutukset ovatkin riippuvaisia tehdyistä oletuksista. Ympäristövaikutuksissa tonnikohtainen vaikutus muuttuu vain vähän jätesaannon ja verkostotiheyden muuttuessa, kustannusvaikutuksissa oletuksilla on suurempi merkitys. Vuotuiset kokonaisvaikutukset kaikissa vaikutusluokissa muuttuvat kaikki kuitenkin oleellisesti, kun erilliskeräyksen saanto-oletusta muutetaan.

Keräysjärjestelmämallinnus

Selvityksessä laadittiin kilometriperusteinen ja tyhjennystarpeen optimoiva keräys- ja kuljetusjärjestelmämallinnus. Käytetty mallinnus antaa yhdenlaisen näkökulman keräyksen vaikutuksista. Toisenlaisella mallinnuksella saataisiin todennäköisesti erilaisia tuloksia. Luvussa 7.2 todettiin, että keräyspisteiden tyhjennystaajuus on oleellisessa asemassa vaikutusten suuruutta arvioitaessa. Jos voidaan olettaa järjestelmän toimivan tehokkaasti, kuten mallissa on tehty, ovat vaikutukset merkittävästi alhaisemmat kuin järjestelmässä, jossa jätteet kerätään ennalta määrätyllä tyhjennysvälillä. Käytännössä myös astioiden täyttöasteen on todettu olevan lähempänä 50 prosenttia, vaikutusta on tältä osin arvioitu luvussa 7.3, ja tyhjennyspisteeseen ajetaan välillä puolitäysillä kuormilla muun muassa työvuorojen päättyessä tai keräyskierroksen vaihtelevien jätesaantojen takia. Mallinnuksessa keräysreitit johdettiin lisäksi silmämääräisesti. Käytännössä keräysvaiheen vaikutuksia voidaankin pienentää käyttämällä ajonohjausjärjestelmien reittioptimointia. Pohjoisella alueella ero mallinnettujen reittien ja todellisuuden välillä saattaa kuitenkin olla suhteellisen pieni, koska tieverkosto on suppea.

Keräyksen mallinnuksen ja lähtöoletusten muuttaminen ei kuitenkaan mitä todennäköisimmin vaikuttaisi saavutettuihin yleispäteviin tuloksiin: Ilmastomuutoksen ja luonnonvarojen ehtymisen kannalta keräysvaiheen kuljetuksilla, eikä muillakaan kuljetuksilla, ole vaikutusta elinkaaresta tehtävään tulkintaan. Keräyksen ja kulje-

tusten kustannukset puolestaan ovat niin merkittävät, että jätteen hyödyntämisessä saavutettavat kustannussäästöt eivät yleensä riitä kumoamaan jätehuollon yhteenlaskettuja kustannuksia.

Tarkastelussa käytetyssä keräysjärjestelmämallinnuksessa tehtiin myös yksinkertaistuksia. Ympäristövaikutusten laskennassa ei otettu pitkien etäisyyksien vyöhykkeillä huomioon tyhjennysvaiheen päästöjä, koska merkittävimmän vaikutuksen arvioitiin syntyvän pitkien etäisyyksien takia kuljetusvaiheessa. Kustannuksissa ei puolestaan pystytty huomioimaan eri ajoneuvotyyppien kustannuseroja, vaan kaikelle ajolle käytettiin samaa tuntihintaa. Käytännössä jäte- tai kuljetusauton ominaisuuksilla on kuitenkin merkitystä, koska isommat ja teknisiltä ominaisuuksiltaan monipuolisemmat autot ovat kalliimpia. Esimerkiksi vaihtokonttitekniikkaan perustuva pakkaava jäteauto maksaa kontteineen lähes kaksinkertaisesti tavanomaiseen pakkaavaan jäteautoon verrattuna (Honkonen 2010). Tällaisen oletuksen tekeminen kasvattaisi käytetyn tuntihinnan, 85 euroa, noin 100 euroon tunnilta ja kuljetuskustannukset nousisivat siten noin 20 %. Lisäksi pakkaavien jäteautojen pakkauskyky vaihtelee automerkistä riippuen. Tarkastelussa lasipakkausjätteet oletettiin kerättävän yhtenä virtana, koska valittu ensisijainen hyödyntämiskohde, vahtolasin valmistus, ei vaadi värillisen ja värittömän lasin erottelua. Joillakin alueilla lasi lajitellaan aluekeräyspisteissä värilliseen ja kirkkaaseen lasiin. Jos näin toimitaan, keräyksen vaikutukset kasvavat, kun lasijäte joudutaan noutamaan kahdella eri ajoneuvolla. Tarkastelu tehtiin perustuen pohjoisen alueen vakituiseen väkilukuun, jolloin ei voitu ottaa huomioon alueen useiden turistikohteiden, muun muassa talviurheilukeskusten tai varuskuntien aiheuttamaa lisäpainetta järjestelmälle. Esimerkiksi Kuusamoon tulee vuosittain arviolta miljoona turistia ja kunnan palvelut on mitoitettu 35 000 asukkaalle, vaikka vakituinen asukasluku on vain puolet tästä (Matti 2010). Turistikohteisiin tuleekin sijoittaa harkinnanvaraisesti lisää keräyspisteitä. Tarkasteltavalla pohjoisella alueella keräykseen vaikuttavat myös muuta maata enemmän talviset olosuhteet. Lumi ja pakkas hankaloittavat keräystä esimerkiksi viivytysten ja jäätyneiden jätteiden vähäisemmän pakkautuvuuden myötä. Näitä tekijöitä ei pystytty huomioimaan mallinnuksessa.

Sekajätteen keräys

Tarkastelussa ei otettu huomioon muutoksia sekajätteen määrässä ja koostumuksessa, kun osa pakkausjätteistä siirtyy erilliskeräykseen tai siinä tapauksessa, jos osa nykyisin kerätyistä pakkausjätefraktioista siirtyisi takaisin sekajätteeseen. Käytännössä mallinnetut vaihtoehdot vaikuttavat myös sekajätteeseen ja sen keräykseen. Vaikutukset arvioitiin tässä selvityksessä sen verran pieniksi, koska jätemäärissä muutokset ovat vaihtoehdosta riippuen vain 1 tai 5 m-%, joten erillistä mallinnusta sekajätteen keräysjärjestelmästä pohjoisella alueella ei tehty (ks. luvut 5.4 ja 7.6). Todettiin lisäksi, että laskennassa olisi ollut vaikea allokoida tietty osuus sekajätteen keräyksen vaikutuksista sekajätteen seassa kulkevalle pakkausjätteelle, koska sekajätettä kerättäisiin joka tapauksessa. Tuloksissa päädyttiin esittämään keräys- ja kuljetusvaikutukset sekajätteen seassa kulkeville kuitu- ja muovipakkausjätteille korkeintaan yhtä suurina kuin saman jakeen aluekeräysvaihtoehdossa. Vaikutukset ovat aiempien tutkimusten perusteella mitä todennäköisimmin pienemmät tonnikohtaisesti arvioituna. Tulkinallinen merkitys asialla on kuitenkin vain kustannusten näkökulmasta.

Korvattavat prosessit

Elinkaaritarkastelussa tehtiin oletuksia jäteperäisillä raaka-aineilla korvattavista neitseellisistä raaka-aineista ja niiden työstämiseen käytettävistä prosesseista. Nämä korvattavat prosessit raaka-aineineen vaikuttavat oleellisesti lopputuloksiin. Elinkaaritarkasteluissa laadittavat hyvitysoletukset ovat luonteeltaan aina jossain määrin teoreettisia; näin on tässäkin tarkastelussa, vaikka tarkasteluun pyrittiin valitsemaan käytössä olevia prosesseja. Kotitalouksilta kerättävälle lasille ja metallille on jo olemassa jokseenkin vakiintuneet hyödyntämisreitit ja todelliset korvattavat neitseelliset raaka-aineet. Myös kartongin kierrätys hylsyiksi on olemassa oleva, tyypillinen hyödyntämistapa, joskin kartongille laskettavat hyvitykset ovat luonteeltaan teoreettiset, koska hylsyjä ei käytännössä valmisteta neitseellisestä kuidusta. Tarkastelun suurimmat epävarmuudet hyvitysten osalta liittyvät kotitalouksien muovipakkauksiin. Tällä hetkellä Suomessa ei valmisteta kierrätystuotteita sekalaisesta kotitalousmuovista ja pohjoismaisen mallin noudattaminen tarkoittaa lajittelun keskittymistä Keski-Eurooppaan ja uusiutuotteiden tuottamista Aasiassa. Polttovaihtoehdossa on niin ikään tehty oletus korvattavista polttoaineista. Mitä enemmän korvataan fossiilisia polttoaineita, sitä suuremmat hyvitykset saadaan jätteen energiahyödyntämisestä. Jos taas korvattavat polttoaineet olisivat bioperäisiä tai päästöttömiä, näitä hyötyjä ei saatettaisi. Tältä osin tehtiin herkkyystarkastelu keskeisistä muuttujista luvussa 8.3.1.

Kustannusten lähtötieto

Kustannustuloksia tulee tulkita suhteessa lähtötietoihin liittyviin puutteisiin ja epävarmuuksiin. Kustannuksia koskevan lähtötiedon saaminen on usein vaikeaa tietojen liiketaloudellisen luonteen takia. Tässäkin jouduttiin turvautumaan toissijaisiin lähteisiin, joiden luotettavuus on kyseenalainen. Myös arvioitaessa prosessikustannuksia tuotteiden myyntihinnoista saadaan vain karkeita arvioita. Jätehuollon tapauksessa arviointia todellisista tuotantokustannuksista hankaloittavat edelleen käytössä olevat porttihinnot, kun jätteellä ei aina ole perinteistä kaupallista arvoa, vaan jätelaitokset maksavat jätteen vastaanottajalle tämän palveluista. Kustannustuloksia tuleekin pitää lähinnä suuntaa-antavina lukuina, joiden merkitys on enemmän eri elinkaaren vaiheiden keskinäisen suhteen osoittamisessa, kuin tarkkoina kuvauksina yksittäisistä prosesseista.

9 Päätelmät

Selvityksessä tarkasteltiin pakkausjätteiden täyden tuottajavastuun järjestämisen ilmastonmuutosvaikutusta, luonnonvarojen ehtymisvaikutuksia ja kustannusvaikutusta pohjoisella alueella eli Lapin maakunnassa ja kahdessa Pohjois-Pohjanmaan kunnassa. Tarkastelussa laadittiin oletus alueellisissa vastaanottopisteissä järjestettävän erilliskeräyksen jätesaannoista ja jätepisteiden määristä. Alueelliset keräyspisteet oletettiin sijoitettavan kulkureittien varrelle, pääsääntöisesti kauppojen yhteyteen. Laaditusta keräysjärjestelmämallinnuksesta johdetut ympäristö- ja kustannusvaikutukset rinnastettiin kerättyjen pakkausjätefraktioiden hyödyntämisestä potentiaalisesti saataviin hyötyihin. Tarkastelu tehtiin elinkaariperusteisesti, jolloin oletetaan, että jäteperäisillä lopputuotteilla tai polttoaineilla voidaan korvata neitseellisiä raaka-aineita ja niiden hyödyntämiseen tarvittavia prosesseja. Lähtötietoina käytettiin olemassa olevaa tutkimustietoa, kirjallisuuslähteitä ja tietokantatietoja jätteen hyödyntämis- ja korvausprosesseista. Kuljetusmatkaetäisyyteen perustuva keräysjärjestelmämallinnus laadittiin selvityksen tarpeita varten.

Aiemmin tehdyissä jätteen hyödyntämisen elinkaariarvioinneissa tyypillinen tulos on ollut, että jätteen keräys- ja kuljetusvaiheen päästöt ovat korkeintaan 20 % jätteen hyödyntämisen tuottamista päästöistä, kun tarkastellaan ilmastonmuutosvaikutusta. Kun tarkasteluissa otetaan huomioon hyvitykset, joita potentiaalisesti saadaan hyödynnettäessä jäte materiaalina tai energiana, keräys- ja kuljetusvaiheen päästöt eivät ole ratkaisevassa asemassa. Tämä tulos pätee tässäkin selvityksessä. Vaikka pakkausjätteet kerätään alueelta, jossa kuljetusetäisyydet ovat verrattain pitkiä, eivät keräysvaiheen ja siirtovaiheen kuljetusten aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt ole koko elinkaaren kannalta merkitsevä. Vaikka selvityksessä keräyspisteiden tyhjenystarve on optimoitu ja kuljetuskilometrit ovat siten alhaiset verrattuna tilanteeseen, jossa kaikki keräyspisteet tyhjennetään ennakoon määrätyllä tiheydellä, osoittaa herkkyystarkastelu, ettei kuljetusten moninkertaistuminenkaan riitä kumoamaan jätteiden kierrättämisestä saatavia ympäristöhyötyjä. Sama tulos keräys- ja kuljetusvaiheen vähäisestä merkityksestä koko elinkaaren kannalta pätee mineraalisten ja fossiilisten luonnonvarojen ehtymiseen. Ilmastonmuutoksen ja luonnonvarojen ehtymisen kannalta ratkaisevaa onkin ennen kaikkea se, miten jätettä hyödynnetään ja millaisia hyvityksiä voidaan olettaa saatavan jätteen hyödyntämisellä.

Tulokset lasi-, metalli- ja kuitupakkausten kierrätyksen selkeistä ympäristöhyödyistä ovat yhtenevät useiden muiden elinkaaritutkimusten kanssa. Pakkausjätteiden täyden tuottajavastuun järjestämisen yhtenä keskeisenä keskustelua herättävänä tekijänä onkin ollut kuluttajamuovipakkausten kierrätettävyyden. Kuluttajamuovijätteen elinkaaritarkasteluissa saavutettavat hyödyt ovat myös yleensä kyseenalaisempia kuin muilla pakkausjätteillä. Eri tutkimuksissa tehdään muovijätteen hyödyntämisestä erilaisia rajoituksia ja ennen kaikkea erilaisia oletuksia korvattavista raaka-aineista ja energialähteistä, jolloin päädytään erilaisiin tuloksiin.

Myös tässä selvityksessä jouduttiin tekemään oletuksia muovijätteen kierrätettävyydestä lähinnä nojautuen muiden aiempiin tutkimuksiin. Laskennassa oletettiin, että 64 % kerätystä muovifraktiosta soveltuisi korvaamaan neitseellistä muovia. Tulokset osoittavat, että muovipakkausten kierrättäminen vähentää kasvihuonekaasupäästöjä merkittävästi, jos voidaan olettaa korvattavan neitseellistä muovia. Vastavasti hidastetaan fossiilisten luonnonvarojen ehtymistä. Näin on siinäkin tapauksessa, että muovijäte kerätään Suomen Lapista ja kuljetetaan Keski-Euroopan kautta osin esimerkiksi Kiinaan hyödynnettäväksi.

Muovijätteen kierrättämisen vaihtoehtona on energiahyödyntäminen. Kuten kierrätyksessä, epävarmuutta on myös polttokelpoisten pakkausjättejakeiden energiahyödyntämisestä saavutettavissa hyvytyksissä. Kierrätyksen ja energiahyödyntämisen keskinäisessä vertailussa enemmän ympäristöhyötyjä tuottava vaihtoehto määräytyy sen perusteella, millainen lämpöarvo ja päästökerroin oletetaan poltettavalle jätteelle, mitä polttoaineita oletetaan korvattavan ja kuinka suuri osuus kerätystä muovista soveltuu raaka-aineena käytettäväksi. Ilmastonmuutosvaikutuksen tuloksissa todettiin, että energiahyödyntämisen valitseminen kuitu- ja muovipakkausjätteille on tarkasteltavalla alueella ilmastonmuutosvaikutuksen kannalta kierrätystä kannattavampaa vain, jos turpeen osuus korvattaviksi oletetuissa energialähteissä on yli 60 %. Jos jätteet oletetaan poltettavan Oulussa, mahdollista on, että 60 prosentin osuus alitetaan jo lähitulevaisuudessa, sillä Oulun Energia on kertonut kasvattavansa biomassan polttoa ja poltetun hakkeen osuus voi nousta jo lähivuosina 40 prosenttiin.

Vaikka muovijätteen kierrätyksestä saadaan tehdyillä oletuksilla ympäristöhyötyjä, antaa rahavirtojen huomioon ottaminen toisenlaisen näkökulman asiaan. Esimerkiksi Itävallan Wienissä muovipakkausten keräys rajattiin kustannussyistä vuodesta 2005 alkaen koskemaan vain PET- ja HDPE-pulloja, jotka voidaan varmuudella kierrättää uusiomateriaaliksi. Kustannustehokkuutta todettiin edistävän muun muovipakkausjätevirran ohjaaminen polttoon sekajätteen seassa. Myös Suomessa on punnittava, miten muovijätteen hyödyntämisen myönteiset ympäristövaikutukset realisoidaan mahdollisimman alhaisin kustannuksin.

Kokonaisuutena selvityksen tulokset tukevat jätteenhuollon etusijajärjestystä, jolla toteutetaan pyrkimystä luonnonvarojen kestävään käyttöön ja ilmastonmuutoksen hillintään. Tarkasteltavalla alueella kaikki jätekuljetukset ovat kuitenkin verrattain kalliita pitkien etäisyyksien takia. Selvitys osoittaa, että velvoite nostaa yhdyskuntajätteiden kierrätysastetta toteutetaan pakkausjätteiden osalta kustannustehokkaammin panostamalla erilliskeräykseen isoissa taajamissa ja niiden välisten kuljetusreitien varrelta. Kustannusten näkökulmasta suhteellisen pientä pakkausjättemäärää ei kannata hakea erikseen pitkien kuljetusetäisyyksien takaa, joskin tarkastellut ympäristövaikutukset puoltavat keräyksen järjestämistä pienissäkin taajamissa.

Selvityksessä tarkastellut elinkaariset ympäristö- ja kustannusvaikutukset tarjoavat kaksi näkökulmaa päätöksentekoon. Päättäjät joutuvat punnitsemaan näiden erilaisten vaikutusten merkitystä ja lisäksi ottamaan huomioon myös näkökulmia, joita ei ole tässä selvityksessä tarkasteltu. Tällaisia ovat esimerkiksi jätehuollon palvelutason tasapuolisuuteen, kansalaisten yhdenvertaiseen kohteluun ja aiheuttaja maksaa -periaatteen toteuttamiseen liittyvät kysymykset.

LÄHTEET

- Ajanko, S., Moilanen, A., Juvonen, J. 2005. Jätteiden syntypaikkalajittelujärjestelmän ja käsittelytekniikan vaikutus kierrätyspolttoaineiden laatuun. VTT tiedotteita 2317.
- Bruvoll, A., Halvorsen, B., Nyborg, K. 2002. Households' recycling efforts. *Resources, Conservation and Recycling* 36 (4), 337–354.
- Carlsson, K. 2011. Plastic collection and recovery, Sweden. FTI:n esitelmä työpajassa Muovipakkaus-ten kierrätyksen edistäminen Suomessa – Potentiaali ja tulevaisuuden keinot 11.11.2011. VTT.
- Dahlbo, H., Ollikainen, M., Peltola, S., Myllymaa, T., Melanen, M., 2007. Combining ecological and economic assessment of options for newspaper waste management. *Resources, Conservation and Recycling* 51, 42–63.
- Dahlbo H., Myllymaa, T., Manninen, K., Korhonen, M.-R. 2011. GHG emission factors for waste components produced, treated and recovered in the HSY area - Background document for the calculations and Annex 1 with tables 1-4. www.hsy.fi/julia2030 > Hanke etenee. Updated 17.12.2011.
- Damgaard, A., Larsen, A.W., Christensen, T. 2009. Recycling of metals: accounting of greenhouse gases and global warming contributions. *Waste Management & Research* 27, 773–780.
- Eisted, R., Larsen, A.W., Christensen, T. H. 2009. Collection, transfer and transport of waste: accounting of greenhouse gases and global warming. *Waste Management & Research* 27, 738–745.
- European Commission. 2012. Guidance on the interpretation of key provisions of Directive 2008/98/EC on waste.
- Finnveden, G., Johansson J., Lind, P., Moberg, A., 2005. Life cycle assessment of energy from solid waste—part I: general methodology and results. *Journal of Cleaner Production* 13, 213–229.
- Foamit Oy. 2012. Foamit-Vahtolasimurske. RT-kortti Infra.
- FTI. 2012. Förpacknings & Tidnings Insamlingen. Statistik. <http://www.ftiab.se/hushall/omater-vinningen/statistik.4.405877db1168b3d892a800065.html>. Viitattu 1.9.2012
- Goedkoop, M., Heijungs, R., Huijbregts, M. De Schryver, A., Struijs, J. & van Zelm, R. 2012. ReCiPe 2008. A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level. First edition (revised). Report I: Characterisation.
- Honkonen, T. 2010. Etäisyyden vaikutus jätteiden keräyskaluston valintaan. Opinnäyte, Jyväskylän ammattikorkeakoulu.
- HSY. 2012. Martti Materiaalivirtojen tilipito 17.10.2012.
- Kaakkoi-Suomen ympäristökeskus. 2004. Päätös koskien Optiroc Oy:n Leca-soratehdasta. <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=20100&lan=fi>. Viitattu 12.9.2012.
- Kaila, J., Törn, M., Laaksonen, J. 2010. Kierrätys ja hyödyntämisteiden määrittäminen kuitu, muovi, lasi ja metallipakkauksille sekä keräyspaperille. Aalto yliopisto, Teknillinen korkeakoulu, Lahden keskus. Loppuraportti 31.10.2010.
- Keränen, H. 2003. Palvelujen saavutettavuus maaseudulla. Research and Development Centre of Kajaani, Working Papers 44, University of Oulu.
- Kiviranta, M. 2009. Pääkaupunkiseudun keräyskartongin keräysjärjestelmän ja hyödyntämisvaihtoehtojen ympäristövaikutusten elinkaariarviointi. Pro gradu, Helsingin yliopisto.
- Kivistö, A., Vakkilainen, E. 2011. Uusiutuvan sähkön lisäämiseen käytettyjen energiaverojen vaikutus kuluttajan maksamaan sähkönhintaan. Tutkimusraportti.
- Kojo, R. 2010. Uuden jätelainsäädännön mukaisten keräysverkostovaatimusten kustannusvaikutukset pakkausten jätehuollossa. Raportti ympäristöministeriölle, FCG.
- Koskela, S., Dahlbo, H., Judl, J., Korhonen, M.-R. & Niininen, M. 2012. LCA comparison of two systems for bread packaging and distribution. CLEEN Ltd Research Report no D2.5.1.
- Kuusiola, T. 2010. Pääkaupunkiseudun kotitalouksien pienmetallien keräyksen ja hyödyntämisen ympäristövaikutukset. Diplomityö, Kemian ja materiaalitieteiden tiedekunta. Aalto-yliopisto teknillinen korkeakoulu.
- Kuvaja, E. 2011. Jätteenkeräyksen ja -siirron yhteiskunnalliset kustannukset Punavuorella. Tar- kastelussa seka-, bio-, paperi- ja kartonkijäte. Pro gradu, Helsingin yliopisto.
- Lapin alueellinen jättesuunnitelma vuoteen 2020. 2011. Lapin elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus.
- Lapin liitto. 2012. Matkailutilastollinen vuosikirja 2011.
- Larsen, A.W., Merrild, H., Christensen, T.H. 2009. Recycling of glass: accounting of greenhouse gases and global warming contributions. *Waste Management & Research* 27, 754–762.
- Lazarevic, D., Aoustin, E., Buclet, N., Brandt, N. 2010. Plastic waste management in the context of a European recycling society: Comparing results and uncertainties in a life cycle perspective. *Resources, Conservation and Recycling* 55, 246–259.
- Lundin, M., Olofsson, M., Pettersson, G.J., Zetterlund, H., 2004. Environmental and economic assessment of sewage sludge handling options. *Resources, Conservation and Recycling* 41, 255–278.
- Luo, Z., Sorio, A. 2007. Prospective Study of the World Aluminium Industry. JRC Scientific and Technical Reports, European Commission. EUR 22951 EN – 2007.
- Lyng, K.-A., Modahl, I.S. 2011. Livsløpsanalyse for gjenvinning av plastemballasje fra norske hus- holdninger. Rapport, Østfoldforskning.

- Mattila, T. 2010. Kuusamon kaupungin jätehuoltojärjestelmän kehittäminen ja erityisesti biohajoavien jätteiden hyötykäytön edistäminen. Diplomityö, Oulun yliopisto.
- Mepak Oy. Kalvosarja. 19.9.2012.
- Merrild, H., Larsen, A.W., Christensen, T.H. 2012. Assessing recycling versus incineration of key materials in municipal waste: The importance of efficient energy recovery and transport distances. *Waste Management* 32, 1009–1018.
- Merta, E., Mroueh, U.-M., Meinander, M., Punkkinen, H., Vähä-Nissi, M., Kortet, S. 2012. Muovipakkausten kierrätyksen edistäminen Suomessa. TEM raportteja 11/2012.
- Myllymaa, T., Dahlbo, H. 2012. Elinkaariarviointien käyttö Suomen jätehuollon ympäristövaikutusten tarkastelussa. Yhteenveto Suomen jätehuollon elinkaariarvioinneista ja ohjeita päätöksentekoa varten. Ympäristöministeriön raportteja 24/2012.
- Myllymaa, T., Moliis, K., Tohka, A., Isoaho, S., Zevenhoven, M., Ollikainen, M., Dahlbo, H. 2008a. Jätteiden kierrätyksen ja polton ympäristövaikutukset ja kustannukset – jätehuollon vaihtoehtojen tarkastelu alueellisesta näkökulmasta. Suomen ympäristö 39.
- Myllymaa, T., Moliis, K., Tohka, A., Rantanen, P., Ollikainen, M., Dahlbo, H. 2008b. Jätteiden kierrätyksen ja polton käsittelyketjujen ympäristökuormitus ja kustannukset: inventaarioraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja, 28.
- Naturvårdsverket. 2009. System for insamling av hushållsavfall i materialströmmar. Rapport 5942.
- Naturvårdsverket. 2012. Samla in, återvinn! Uppföljning av producentansvar för 2009. Rapport 6482.
- Pettersson, A. 2004. Miljösystemanalys för alternativa lättfyllnad i vägar. Examarbete TRITA-KET – IM 2004:9. Stockholm: Kungliga Tekniska högskolan.
- PYR. 2008. Pakkaukset ja pakkausjätteet Suomessa. Julkaisematon luonnos.
- ReCiPe. 2012. ReCiPe Mid/Endpoint method, version 1.07 July 2012. <http://www.lcia-recipe.net/>
- Ritola, J., Vares, S. 2008. Keräyslasin hyötykäyttö vaahtolasituotteina. VTT Tiedotteita 2458.
- Seppälä, J., Grönroos, J., Koskela, S., Holma, A., Leskinen, P., Liski, J., Tuovinen, J.-P., Laurila, T., Turunen, J., Lind, S., Maljanen, M., Martikainen, P., Kilpeläinen, A. 2010. Climate impacts of peat fuel utilization chains – a critical review of the Finnish and Swedish life cycle assessments. *The Finnish Environment* 16/2010.
- SFS 2006:1273. Förordning om producentansvar för förpackningar.
- SFS 1994:1235. Producentansvar för förpackningar. Stockholm: Svensk författningssamling; 1994b.
- Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Alley, R.B., Bernsten, T., Bindoff, N.L., Chen, Z., Chidthaisong, A., Gregory, J.M., Hegerl, G.C., Heimann, M., Hewitson, B., Hoskins, B.J., Joos, F., Jouzel, J., Kattsov, V., Lohmann, U., Matsuno, T., Molina, M., Nicholls, N., Overpeck, J., Raga, G., Ramaswamy, V., Ren, J., Rusticucci, M., Somerville, R., Stocker, T.F., Whetton, P., Wood, R.A., Wratt, D. 2007. Technical Summary, Teoksessa: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 19–91.
- Sonesson, U., 2000. Modelling the waste collection – a general approach to calculate fuel consumption and time. *Waste Management and Research* 18, 115–123.
- Steelonthenet. 2012a. Blast Furnace Route Steelmaking Costs 2012. <http://www.steelonthenet.com/cost-bof.html>. Viitattu 19.9.2012.
- Steelonthenet. 2012b. Electric Arc Furnace Steelmaking Costs 2012. <http://www.steelonthenet.com/cost-eaf.html>. Viitattu 19.9.2012.
- Stenmarck, Å., Sudqvist, J.-O., 2008. Insamling av återvinningsbart material i blandad fraktion. IVL Rapport B1821.
- Swiss Centre for Life Cycle Inventories. 2012. Ecoinvent Database v2.2.
- Tampio, E. 2010. Selvitys yhdyskuntajätteen biohajoavuudesta Kainuussa kesällä 2010. [ei julkinen], Referoinut: Teirasvuo, N. 2011.
- Teirasvuo, N. Syntypaikkalajittelun sekajätteen koostumuksen sekä palamisteknisten ominaisuuksien selvitys Etelä-Karjalan alueella. Diplomityö, Lappeenranta tekninen yliopisto.
- Tilastokeskus 2001. Asuntokunnat koon mukaan ja asuntokuntien keskikoko 1960–2011.
- TSJ. 2012. Ekojalostamo - tulevaisuuden hyödyntämiskäytäntö Turun seudun yhdyskuntajätteille? Tiedote. <http://www.tsj.fi/fi/uutiset/ekojalostamohanke/>
- Tyskeng, S., Finnveden, G. 2007. Energi- och miljömässiga skillnader mellan materialåtervinning och energiutvinning av avfall – En litteratursammanställning. TRITA-INFRA_FMS 2007:11.
- Vainionpää, P., Ahokas, M. & Pirttijoki, J. 2012. Selvitys jätteiden hyötykäytöstä Napapiirin Residu Oy:n toiminta-alueella. ReNeWa-selvitys.
- Vanhala, P. 2011. Metsähake voimalaitoksen polttoaineena. Energiapuuska 11.2.2011. Oulun Energia.
- Vares, S., Lehtinen, J. 2007a. Lasipakkausten keräysjärjestelmän tehostaminen ja lasin hyötykäytön ympäristövaikutukset. VTT Tiedotteita 2404.
- Vares, S., Lehtinen, J. 2007b. Pienmetallikeräyksen tehostaminen. VTT Tutkimusraportti.
- VTT. 2012. LIPASTO. Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä.
- WRAP. 2011. Cleaning and Recycling of Residual Mixed Plastic Film. Final Report.
- WRAP. 2009. Commercial scale mixed plastics recycling. Final Report.
- WRAP. 2006. Environmental benefits of recycling: An international review of life cycle comparisons for key materials in the UK recycling sector.
- YTV. 2008. Pääkaupunkiseudun kotitalouksien sekajätteen määrä ja laatu vuonna 2007.

Liite I. Pakkausjätteen määrät Ruotsissa keskimäärin ja Norrbottenissa

	Norrbotten 2010 (FTI 2012)			Norrbotten 2011 (FTI 2012)			Ruotsi keskimäärin 2008 (Naturvårdsverket 2009)	Ruotsi keskimäärin 2011 (FTI 2012)
Pakkausjätelaji	Kokonaiskertymä, tonnia	Alueen keskiarvo, kg/asukas	Keskihajonta kuntien välillä, kg/asukas	Kokonaiskertymä, tonnia	Alueen keskiarvo, kg/asukas	Keskihajonta kuntien välillä, kg/asukas	Erillis-kerätty kg/asukas	Erillis-kerätty kg/asukas
Lasi*	3660	14,4	5,6	4112	17,7	7,5	18,2	19,3
Metalli	641	2,7	1,2	619	2,4	0,8	2	1,7
Kartonki	3967	15,4	4,9	4182	16,6	5,8	10,6	12,2
Muovi	1868	11,6	11,1	1839	11,3	9,2	2,2	4,9
Yhteensä	10 135	44,1	-	10 752	48,1	-	32,9	38,1

*Lasipakkausjätteen määrä ei ole vertailukelpoinen Suomen kanssa, koska taulukon luku sisältää yritysten toimittamat lasipakkausjätteet ja Systembolagetin pullot, joille ei ole samanlaista panttijärjestelmää kuin Alkon myymille pulloille Suomessa.

Liite 2. Nykyiset keräyspisteet tarkasteltavalla alueella

Alue	Lasi, lkm	Metalli, lkm	Kartonki, lkm	Muovi, lkm	Paperi, lkm
Lapeco	161	190	0	0	190
Napapiirin Residuum	78	76	79	0	91
Perämeren jätehuolto	41	40	24	0	92
Kolari	13	13	0	0	13
Kuusamo	12	12	4	12	12
Posio	0	1	0	0	ei tietoa
Taivalkoski	0	0	0	0	10
Utsjoki	2	2	0	0	11
Yhteensä	307	334	107	12	419

Liite 3. Keräyspisteiden kokonaismäärä ja asukkaiden määrä yhtä keräyspistettä kohden kussakin kunnassa eri tiheysmalleissa

Kunta	Väestö v. 2011	Taajamat lkm	Kaupat lkm		Kojon (2010) taajama-mallit:						Noin 1 piste 1000 asukasta kohden (kuten Norrbotten tai nykyinen keskimääräinen tiheys)		Kauppojen mukaan		
			Super- marketit	Valinta- myymälät	Perusmalli		Tihennetty malli		Harvennettu malli						
					lkm	as./piste	lkm	as./piste	lkm	as./piste	lkm	as./piste	lkm	as./piste	
Enontekiö	1 893	2	2	2	1	2	947	2	947	1	1 893	1	1 893	2	947
Inari	6 754	3	2	9	9	4	1 689	5	1 351	3	2 251	7	965	11	614
Kemi	22 399	3	3	11	11	7	3 200	14	1 600	10	2 240	23	974	14	1 600
Kemijärvi	8 295	2	2	5	5	3	2 765	4	2 074	2	4 148	8	1 037	7	1 185
Keminmaa	8 572	2	1	4	4	3	2 857	5	1 714	4	2 143	8	1 072	5	1 714
Kittilä	6 279	3	4	5	5	3	2 093	4	1 570	2	3 140	6	1 047	9	698
Kolari	3 836	3	3	6	6	3	1 279	3	1 279	2	1 918	3	1 279	9	426
Kuusamo	16 373	2	4	9	9	4	4 093	7	2 339	5	3 275	17	963	13	1 259
Muonio	2 369	1	1	1	1	1	2 369	1	2 369	2	1 185	2	1 185	2	1 185
Pelkosenniemi	973	1	0	2	2	1	973	1	973	1	973	1	973	2	487
Pello	3 912	1	2	4	4	1	3 912	2	1 956	2	1 956	4	978	6	652
Posio	3 818	1	2	1	1	1	3 818	1	3 818	1	3 818	3	1 273	3	1 273
Ranua	4 262	1	1	1	1	1	4 262	2	2 131	2	2 131	4	1 066	2	2 131
Rovaniemi	60 637	7	4	34	34	16	3 790	31	1 956	12	5 053	63	962	38	1 596
Salla	4 052	1	2	2	2	1	4 052	2	2 026	1	4 052	4	1 013	4	1 013
Savukoski	1 156	1	0	3	3	1	1 156	1	1 156	1	1 156	1	1 156	3	385
Sodankylä	8 806	2	4	4	4	3	2 935	5	1 761	3	2 935	9	978	8	1 101
Taivalkoski	4 422	1	1	6	6	1	4 422	2	2 211	2	2 211	4	1 106	7	632
Tervola	3 387	1	0	4	4	1	3 387	1	3 387	2	1 694	3	1 129	4	847
Tornio	22 545	6	2	12	12	9	2 505	14	1 610	5	4 509	23	980	14	1 610
Utsjoki	1 294	1	0	7	7	1	1 294	1	1 294	1	1 294	1	1 294	7	185
Ylitornio	4 650	1	2	6	6	1	4 650	2	2 325	2	2 325	4	1 163	8	581
YHTEENSÄ	200 684	46	42	137	137	68	2 951	110	1 824	66	3 041	199	1 008	179	1 127

Liite 4. Siirtokuljetusten lähtötiedot

Etäisyydet keräysvyöhykkeiden siirtokuormausasemalta Ouluun (lasi, metalli, kuidut, muovi polttoon) ja Tornioon (muovi kierrätykseen)

Vyöhyke	Pitkä	Keskipitkä		Kaupunki	
Siirtokuormausasema	Sodankylä	Kittilä	Kemijärvi	Rovaniemi	Kemi
Etäisyys Ouluun	340	360	290	200	100
Käytetty keskimääräinen arvo	340	325		150	
Etäisyys Tornioon (muovi, kierrätys)	250	260	210	120	30
Käytetty keskimääräinen arvo	250	235		75	

Siirtokuormien vuotuinen lukumäärä keräysvyöhykkeiltä Ouluun (lasi, metalli, kuidut, muovi polttoon) ja Tornioon (muovi kierrätykseen)

Vyöhyke	Pitkä	Keskipitkä	Kaupunki
Lasi	3	7	14
Metalli	6	15	29
Kuidut	23	53	106
Muovi	10	23	47
YHTEENSÄ	42	97	196

Siirtokuormien määrä vuodessa ja kuljetusetäisyys Oulusta (lasi, metalli, kuidut) ja Tornioista (muovi) hyödyntämiskohteeseen

Jätelaji	Kuormat, lkm/a	Kohde	Etäisyys, km	Kohde	Etäisyys, km
Lasi	16	Forssa	577		
Metalli	33				
Alumiini	7	Heinola	470		
Tinattu teräs	27	Saksaan laiva	2 000	Saksassa maitse	800
Kuidut	121	Pori	508		
Muovi	53	Tornio-Lanna (Ruotsi)	1 413		

KUVAILULEHTI

Julkaisija	Ympäristöministeriö Ympäristönsuojeluosasto	Julkaisu-aika Joulukuu 2012
Tekijä(t)	Katja Moliis, Helena Dahlbo, Risto Retkin ja Tuuli Myllymaa	
Julkaisun nimi	Pohjois-Suomen pakkausjätteiden hyödyntäminen – elinkaaren aikaiset ympäristö- ja kustannusvaikutukset	
Julkaisusarjan nimi ja numero	Ympäristöministeriön raportteja 26/2012	
Julkaisun teema		
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut		
Tiivistelmä	<p>Osana Suomen jätelainsäädännön kokonaisuudistusta muutettiin pakkausjätteen tuottajavastuun sääntelyä. Jatkossa pakkausten tuottajien on huolehdittava myös kotitalouksien jätteiden hyödyntämisestä. Tekeillä olevassa pakkausalan asetuksessa asetettaneen vastaanottopisteverkoston tiheysvaatimus pakkausten tuottajille. Velvoite edistää yhdyskuntajätteelle vuoteen 2016 asetetun 50 prosentin kierrätystavoitteen saavuttamista.</p> <p>Asutus jakautuu Suomessa maantieteellisesti vaihtelevasti, joten pakkausjätteiden aluekohtainen kertymä ja keräys- ja kuljetusetäisyydet vaihtelevat. Pakkausalan asetuslaadinnan tueksi on tarvittu tietoa harvaanasuttujen alueiden keräyslogistiikan ympäristö- ja kustannusvaikutuksista sekä haluttu verrata keräysvaiheen vaikutuksia kerätyn jätteen kierrättämisestä saataviin hyötyihin.</p> <p>Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) toteuttamassa selvityksessä on arvioitu elinkaariperusteisesti Suomen harvimmassa asutun alueen, Pohjois-Suomen, pakkausjätteiden keräyksen ilmastomuutosvaikutusta, luonnonvarojen ehtymisvaikutusta ja yhteiskunnalle koituvia kustannuksia.</p> <p>Selvityksen tarpeita varten laadittiin kuljetusetäisyysperusteinen mallinnus keräyksen vaikutuksista Pohjois-Suomessa. Keräyksen mallintamista varten arvioitiin mahdollista verkostotiheyttä ja erilliskeräyksellä kertyvää jätesaantoa. Elinkaaren muiden vaiheiden, jätteen käsittelyn ja hyödyntämisen vaikutuksia sekä jäteperäisellä raaka-aineella ja energialla korvattavien luonnonvarojen käytön vältettyjä vaikutuksia kartoitettiin jo toteutetuista elinkaaritutkimuksista ja elinkaari-inventaariotietokannasta.</p> <p>Vaikka tarkastelussa pakkausjätteet kerätään pitkien kuljetusetäisyyksien päästä, keräyksen ja kuljetusten synnyttämät päästöt ja kuluttamat luonnonvarat ovat pienet verrattuna hyötyihin, joita saadaan, kun kierrätetään pakkausjätteet. Muovi- ja kuitupakkaukset voidaan palavina jakeina myös vaihtoehtoisesti hyödyntää energiaksi sekajätteen seassa. Kierrätyksen ja energiahyödyntämisen elinkaaritulosten vertailussa oleellisessa asemassa ovat tarkasteltavan alueen energiantuotannossa käytettävät polttoaineet ja niissä oletettavat tulevat muutokset.</p> <p>Pakkausjätteen erilliskeräyksen ympäristöhyödyt ovat ilmeiset. Kustannustarkastelu sen sijaan osoittaa, että jätteiden hyödyntäminen ei tuota kustannusmielessä niin merkittäviä säästöjä, että keräys- ja kuljetusvaiheen kustannukset kumoutuisivat. Erilliskeräyksellä vastataan kuitenkin jätehuollon tarpeisiin ja jätteen keräys on aina kallista. Oleellista on, että keräys järjestetään logistisesti tehokkaasti ja sellaisiin paikkoihin, joissa ihmiset muutenkin asioivat. Selvityksen tarjoaman ympäristö- ja kustannusnäkökulman lisäksi päättäjät voivat ottaa huomioon jätehuollon palvelutasoon vaikuttavia muita tekijöitä.</p>	
Asiasanat	Pakkausjätteet, jätteenkeräys ja -kuljetus, kierrätys, energiahyödyntäminen, elinkaariarviointi, kustannukset	
	ISBN 978-952-11-4118-8 (PDF)	ISSN 1796-170X (verkkoy.)
	Sivuja 79	Kieli suomi
Julkaisun myynti/ jakaja	www.ymparisto.fi > Ympäristöministeriö > Julkaisut > Ympäristöministeriön raportteja -sarja	
Julkaisun kustantaja	Ympäristöministeriö	
Painopaikka ja -aika	Helsinki 2012	

PRESENTATIONSBLAD

Utgivare	Miljöministeriet Miljövårdsavdelningen	Datum December 2012	
Författare	Katja Moliis, Helena Dahlbo, Risto Retkin och Tuuli Myllymaa		
Publikationens titel	Pohjois-Suomen pakkausjätteiden hyödyntäminen – elinkaaren aikaiset ympäristö- ja kustannus-vaikutukset (Återvinning av förpackningsavfall i Norra Finland – miljö- och kostnadseffekter under hela livscykeln)		
Publikationsserie och nummer	Mijöministeriets rapporter 26/2012		
Publikationens tema			
Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt			
Sammandrag	<p>Som ett led i totalrevideringen av Finlands avfallslagstiftning ändrades också den reglering som rör producen- tansvaret för förpackningsavfall. I fortsättningen ska förpackningstillverkare också se till att avfall från hushåll återvinns. I den förordning som håller på att utarbetas för förpackningssektorn kommer troligen förpacknings- tillverkare att åläggas ett krav som rör nätverket av uppsamlingsplatser. Detta åläggande bidrar till målet att 50 procent av det kommunala avfallet ska återvinnas år 2016.</p> <p>I Finland är bosättningen geografiskt sett ojämnt fördelad, vilket innebär att det finns variation i den mängd förpackningsavfall som uppkommer i de olika områdena, och även insamlings- och transportavstånden varierar. Som stöd i utarbetandet av förordningen för förpackningssektorn har man behövt information om insamlingslogistikens miljöpåverkan och kostnadseffekter i glesbebyggda områden, och man har också velat jämföra insamlingsskedets verkningar med den nytta som uppnås vid återvinningen av det insamlade avfallet.</p> <p>I en utredning gjord av Finlands miljöcentral (SYKE) har det med utgångspunkt i livscykelanalyser bedömts vad insamlingen av förpackningsavfall i Finlands mest glest bebyggda område, Norra Finland, har för inverkan på klimatförändringen, på naturtillgångarna och på de kostnader som samhället föranleds.</p> <p>Med tanke på utredningen gjordes det en modellering av insamlingens verkningar i Norra Finland, detta med utgångspunkt i transportsträckorna. Inför modelleringen av insamlingen bedömdes det hur tätt uppsam- lingsplatserna kunde ligga och vilka avfallsmängder en separat insamling ger. Med hjälp av redan genomförda livscykelanalyser och en databas för livscykelinventeringar kartlades verkningarna under de övriga skedena i livscykeln, behandlingen och återvinningen av avfall, samt vilka verkningar som undviks tack vare att råmaterial och energi som utvinns ur avfallet kan ersätta ett nyttjande av naturtillgångar.</p> <p>Även om insamlingen av förpackningsavfallet kräver långa transportsträckor är de utsläpp som insamlingen och transporterna orsakar och förbrukningen av naturtillgångar ringa jämfört med den nytta som erhålls när förpackningsavfallet återvinns. Plast- och fiberförpackningar kan som brännbara fraktioner alternativt återvin- nas som energi ur blandavfallet. I jämförelsen av livscykelresultaten av materialåtervinning och energiåtervin- ning har de bränslen som används i energiproduktionen i området, och sannolika kommande ändringar i den, en central ställning.</p> <p>Miljönyttan av separat insamling av förpackningsavfall är uppenbar. En kostnadsundersökning visar dock att avfallsåtervinning inte leder till så betydande kostnadsbesparingar att det helt uppväger kostnaderna för insamling och transport. Separat insamling svarar trots allt mot behoven inom avfallshanteringen, och in- samling av avfall är alltid dyrt. Det väsentliga är att insamlingen ordnas på ett logistiskt effektivt sätt och att uppsamlingsplatserna finns där människorna också annars rör sig. Utöver det miljö- och kostnadsperspektiv som utredningen anlägger kan beslutsfattarna också beakta andra faktorer som påverkar servicenivån inom avfallshanteringen.</p>		
Nyckelord	Förpackningsavfall, avfall insamling och transport, återvinning som material, återvinning som energi, livscykelanalys, kostnader		
	ISBN 978-952-11-4118-8 (PDF)		ISSN 1796-170X (online)
	Sidantal 79	Språk Finska	Offentlighet Offentlig
Beställningar/ distribution	www.ymparisto.fi > Ympäristöministeriö > Julkaisut > Ympäristöministeriön raportteja -sarja		
Förläggare	Miljöministeriet		
Tryckeri/tryckningsort och -år	Helsingfors 2012		

DOCUMENTATION PAGE

<i>Publisher</i>	Ministry of the Environment Environmental Protection Department	<i>Date</i> December 2012	
<i>Author(s)</i>			
<i>Title of publication</i>	Pohjois-Suomen pakkausjätteiden hyödyntäminen – elinkaaren aikaiset ympäristö- ja kustannusvaikutukset (Recovery of packaging waste in northern Finland – environmental and cost effects on a life-cycle basis)		
<i>Publication series and number</i>	Reports of the Ministry of the Environment 26/2012		
<i>Theme of publication</i>			
<i>Parts of publication/ other project publications</i>			
<i>Abstract</i>	<p>As part of the overall reform of Finland's waste legislation, regulations were amended concerning the producer's responsibility for packaging waste. In future, packaging producers must also take care of household waste recovery. The decree for packaging waste under preparation will probably set requirements for the density of packaging producers' reception point network. This obligation will promote the attainment, by 2016, of the 50 per cent recycling objective set for municipal solid waste.</p> <p>Finland's population is unevenly distributed in geographical terms. This means that the accumulation of packaging waste varies by region, as do collection and transport distances. In support of the preparation of the decree for packaging waste, this study produces information on the environmental and cost effects of collection logistics in sparsely populated areas. In addition, the impacts of the collection stage are compared with the benefits gained from recycling collected waste.</p> <p>The study conducted by the Finnish Environment Institute SYKE has assessed the life cycle impacts of packaging waste collection in northern Finland, Finland's most sparsely populated area, on climate change, the depletion of natural resources, and the costs incurred to society.</p> <p>For the purposes of the study, transport distance based-modelling was prepared on the impacts of collection in northern Finland. For the purpose of modelling collection operations, an assessment was made of possible network density and the recovery of waste accumulated through separate collection. The impacts of other phases of the life cycle, waste treatment and recovery, as well as the benefits of avoiding the effects of resource exploitation, by deriving raw material and energy from waste, have been charted in previously conducted lifecycle studies and in the lifecycle inventory database.</p> <p>Although the study involved long transport distances for collecting packaging waste, emissions generated by collection, transport and natural resource consumption were low in comparison to the benefits gained by recycling packaging waste. Since plastic and fibre packaging are combustible waste components, they can be recovered as energy among mixed waste. The fuels used in energy production in the area studied, and the assumed future changes in them, play a key role when comparing the life cycle results of recycling and recovery as energy.</p> <p>The environmental benefits of separate collection of packaging waste are apparent, whereas cost analysis proves that waste recovery does not yield cost savings high enough to balance out the costs incurred from the collection and transport phase. However, separate collection meets waste management needs and waste collection is always costly. It is essential that collection is organised in a logistically efficient way, at locations that people frequent while conducting their daily business. In addition to the environmental and cost perspective provided by the study, decision-makers could take account of other factors affecting the service level of waste management.</p>		
<i>Keywords</i>	Packaging waste, waste collection and transportation, energy recovery, life cycle analysis (LCA), costs		
	ISBN 978-952-11-4118-8 (PDF)	ISSN 1796-170X (online)	
	<i>No. of pages</i> 79	<i>Language</i> Finnish	<i>Restrictions</i> For public use
<i>For sale at/ distributor</i>	www.ymparisto.fi > Ympäristöministeriö > Julkaisut > Ympäristöministeriön raportteja -sarja		
<i>Financier of publication</i>	Ministry of the Environment		
<i>Printing place and year</i>	Helsinki 2012		

Pakkausjätteet siirtyivät uuden jätelain voimaantullessa täyden tuottajavastuun alaisuuteen, mikä velvoittaa pakkausten tuottajat organisoimaan pakkausjätteen keräyksen. Koko maan laajuisen keräysverkoston perustamisen vaikutuksista on käyty monitahoista keskustelua, ja keräysjärjestelmän on näkökulmasta riippuen arvioitu joko merkittävästi vähentävän tai lisäävän ympäristövaikutuksia. Keräyskustannuksista on esitetty korkeita arvioita. Keräysvaiheen vaikutukset yksinään eivät kuitenkaan tuota riittävää kokonaiskuvaa, vaan keräysvaihe tulee rinnastaa jätteen hyödyntämiseen ja potentiaalsiin hyötyihin, joita saadaan, kun korvataan neitseellisiä raaka-aineita jäteperäisillä uusioraaka-aineilla.

Selvityksessä arvioidaan pakkausjätteiden saantoa, mahdollista keräysverkostotiheyttä ja hyödyntämisvaihtoehtoja Suomen harvimmin asutulla alueella, Pohjois-Suomessa. Elinkaariperusteinen tarkastelu osoittaa, että kierrättämällä pakkausjätteet uusioraaka-aineiksi vältetään merkittävästi ilmastonmuutosta kiihdyttäviä päästöjä ja luonnonvarojen käyttöä. Vaikka kuljetusetäisyydet ovat pitkiä, keräyksen järjestämistapaa tärkeämpää on se, miten jätteitä hyödynnetään. Kustannustehokkuutta edistetään optimoimalla keräyslogistiikka ja panostamalla erilliskeräykseen isoissa asutuskeskittymissä.



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment